
VITTORIO EM. III


PIZZOF..
NAZIONALE
BIBLIOTECA
B. Prov.
VITT. EM III
1191
NAPOLI
BIBLIOTECA PROVINCIALE
Num.° d' ordine 23
369
Palchetto
Armadio
N° catalogo 369

NOUVELLES EXPÉRIENCES

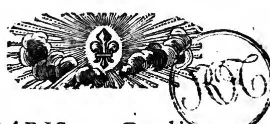
SUR LA RÉSISTANCE

DES FLUIDES;

Par MM. d'Alembert, le Marquis de Condorcet, & l'Abbé Bossut, Membres de l'Académie Royale des Sciences, &c.

M. l'Abbé Bossut, Rapporteur.





A PARIS, rue Dauphine,

Chez Claude-Antoine JOMBERT, Fils aîné, Libraire du Roi pour le Génie & l'Artillerie.

M. DCC. LXXVII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

AVERTISSEMENT.

L'OUVRAGE ſuivant a été lu d'abord par extrait, à l'Aſſemblée publique de l'Académie Royale des Sciences, du 17 Avril 1776 ; enſuite il a été lu en détail, du moins pour la plus grande partie, dans nos Aſſemblées particulières de la même année. Il étoit donc deſtiné à paroître dans le Recueil des Mémoires de l'Académie ; mais comme il y auroit occupé trop de place, on a cru devoir le publier ſéparément.



NOUVELLES



NOUVELLES EXPÉRIENCES

SUR LA RÉSISTANCE *DES FLUIDES.*

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

LA recherche de l'impulsion d'un fluide en mouvement contre un plan, ou de la résistance qu'éprouve un corps solide qui divise un fluide, est peut-être le plus important Problême de l'Hydrodynamique, soit par sa difficulté, soit par ses applications à l'architecture navale, à la construction des digues, à celle des machines hydrauliques, &c.

Auſſi les Géomètres ont-ils tenté tous les moyens de le réſoudre. Quelques-unes des ſolutions qu'ils en ont données, ont l'avantage d'être fort ſimples, & de n'exiger que des calculs faciles à exécuter ; mais elles ne repréſentent qu'imparfaitement l'action & la réaction réciproque du fluide & du corps flottant. D'autres ſont fondées plus immédiatement ſur les propriétés des fluides ; mais elles menent à des formules compliquées, difficiles à traduire en nombres, & par-là abſolument inutiles à la pratique. On eſt donc forcé, en admirant la ſagacité des Géomètres qui ont travaillé ſur cette matière, d'avouer qu'elle a beſoin d'être diſcutée encore, ſi on veut en tirer des réſultats qui puiſſent s'appliquer à l'utilité publique.

M. Turgot, Contrôleur général des Finances, nous ayant chargés, au commencement de l'année 1775, M. d'Alembert, M. le Marquis de Condorcet & moi, d'examiner les moyens de perfectionner la navigation dans l'intérieur du Royaume, nous regardâmes le Problême de la réſiſtance des fluides comme le premier & le principal objet de nos recherches. Avant d'y appliquer la Géo-

métrie & le calcul, nous crûmes devoir consulter l'expérience, soit pour vérifier les éléments des théories déja connues à ce sujet, soit pour nous procurer des données qui pussent servir de base à une nouvelle solution. Tel fut en particulier l'avis de M. d'Alembert ; avis d'autant plus fait pour entraîner, indépendamment de toute considération étrangère, que l'Auteur a résolu le Problême dont il s'agit par une méthode analytique, neuve & directe, qui ne laisseroit rien à desirer, si l'on pouvoit intégrer en rigueur, ou par des séries convergentes, les équations auxquelles il est parvenu. M. Turgot, qui aime véritablement les Sciences, & qui les a lui-même cultivées avec distinction au milieu des occupations attachées aux grandes places qu'il a remplies, approuva le plan de notre travail; & il nous accorda des fonds pour faire les expériences dont nous avions besoin. Ces expériences ont été exécutées l'année dernière, pendant les mois de Juillet, Août & Septembre, sur une grande pièce d'eau située dans l'enceinte de l'Ecole Militaire. La plupart des savants Professeurs de Mathématiques, que cette Ecole possédoit alors, nous

ont ſecondés * avec tout le zele & l'intérêt que pouvoient inſpirer l'amitié qui nous unit réciproquement, & l'envie de concourir au progrès de l'Hydrodynamique.

L'art d'interroger la nature par la voye de l'expérience eſt très-délicat. Envain raſſemblerez-vous des faits, ſi ces faits n'ont entr'eux aucune liaiſon ; s'ils ſe préſentent ſous une forme équivoque ; ſi lorſqu'ils ſont produits par différentes cauſes, vous êtes dans l'impuiſſance d'aſſigner & de ſéparer, avec une certaine préciſion, les effets particuliers de chacune de ces cauſes. Tous les jours on entend répéter qu'une théorie qui n'eſt pas vérifiée immédiatement par l'expérience, ne peut être d'aucun uſage dans la pratique ; que les expériences doivent être faites en grand ; que les expériences en petit n'apprennent rien, &c. Mais la plupart de ceux qui étalent avec confiance ces maximes, vraies à pluſieurs égards, feroient bien embarraſſés ſi on leur propoſoit de déterminer, dans un ſujet donné, le choix des expériences néceſſaires

* MM. Antelmy, Dez, Grou, Libour, Boizot, le Gendre, Monge, de Maritan, &c.

ou utiles, & de fixer les dimenſions ſur leſquelles il convient de les exécuter. Ces connoiſſances préliminaires & indiſpenſables ne peuvent s'acquérir que par un examen théorique & approfondi de la queſtion. N'attendez rien du praticien borné & dépourvu de principes ; conduit par une routine aveugle, il vous montrera, ſouvent hors de néceſſité & peut-être ſans s'en appercevoir, le même fait ſous différentes faces ; ou il aſſemblera au haſard pluſieurs faits dont il ne ſaura pas expliquer les différences. Il n'exiſte point de ſcience ſans raiſonnement, ou, ce qui eſt la même choſe, ſans théorie.

La ſimple réflexion ſuffit pour faire voir que dans les matières de Phyſique, où l'on cherche ſeulement à découvrir la marche générale d'un phénomène ſans la vouloir ſoumettre à la préciſion du calcul, les expériences doivent être faites auſſi en grand qu'il eſt poſſible. Mais veut-on obtenir des réſultats précis & deſtinés à jetter les fondements d'une théorie ? les expériences fort en grand n'ont plus le même avantage. Preſque jamais elles ne peuvent être aſſez exactes, aſſez répétées, aſſez variées, pour faire diſparoître

les différences ſenſibles qui ſe trouvent entre pluſieurs obſervations ſemblables. On employeroit donc, ſuivant ce ſyſtême, bien du tems, de la peine, & de la dépenſe pour trouver un petit nombre de faits ſur leſquels on pût véritablement compter. Les expériences trop en petit pèchent par un autre excès qui eſt encore plus vicieux. Elles exténuent & dénaturent les effets; elles en confondent les éléments, & le calcul n'y trouve plus d'appui pour remonter aux cauſes. Entre ces deux écueils, il y a un milieu à prendre. Opérer aſſez en grand pour rendre les effets diſtincts, ſans ſortir des bornes compatibles avec la préciſion : voilà le principe qui doit diriger les expériences auxquelles on veut appliquer la Géométrie. J'ai tâché autrefois d'obſerver cette règle dans la partie expérimentale de mon Hydrodynamique. Elle a ſervi également de baſe à nos expériences ſur la réſiſtance des fluides.

Ce ſujet préſentoit deux queſtions à examiner. La réſiſtance des fluides indéfinis en étendue, & la réſiſtance des fluides dans des canaux étroits. On peut rapporter à la première claſſe de réſiſtance, celle qu'éprouvent

les vaiſſeaux en mer, ou les bateaux flottants ſur des rivières larges & profondes. La ſeconde eſpèce de réſiſtance ſe fait ſentir ſur les rivières qui ont peu de profondeur ou de largeur, & ſur les canaux de navigation auxquels les circonſtances permettent rarement de donner toute l'amplitude dont ils auroient beſoin pour faciliter le paſſage des bateaux, & pour économiſer la force mouvante.

On a fait depuis long-tems des expériences exactes & curieuſes ſur la réſiſtance des fluides indéfinis. M. le Chevalier de Borda a déterminé la réſiſtance de l'air par le moyen d'un volant qui portoit à ſes extrémités des palettes de différentes grandeurs, & qui tournoit en vertu d'un poids. Il a enſuite employé le même méchaniſme & d'autres moyens ingénieux pour déterminer la réſiſtance de l'eau. Toutes ces expériences ſont accompagnées de remarques très-importantes ſur la théorie de la réſiſtance des fluides. (Voyez les Mémoires de l'Académie, ann. 1763, pag. 358, & ann. 1767, pag. 495). On apprend auſſi dans un beau Mémoire de M. de Marguerie, imprimé parmi ceux de l'Académie de Marine, que M. Thevenard a exécuté à l'Orient.

plusieurs expériences sur la résistance de l'eau indéfinie ; & même M. de Marguerie en rapporte quelques-unes auxquelles il applique la théorie.

L'examen de la résistance des fluides dans des canaux étroits, doit être regardé comme nouveau. Car nous ne connoissons en ce genre que les expériences * par lesquelles M. Franklin a cherché à s'assurer si les Bateliers ont raison, lorsqu'ils disent qu'ils éprouvent d'autant plus de peine à mouvoir leurs bateaux, que les eaux d'une rivière sont plus basses ; & ces expériences, quoique bonnes en elles-mêmes, ne sont pas à beaucoup près suffisantes pour éclaircir la matière dont il s'agit. En effet, M. Franklin s'est contenté de faire faire quelques courses à un petit bateau de la longueur de 6 pouces sur 2 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur, & autant de hauteur, dans un canal qui avoit 5 à 6 pouces de largeur, sur 14 pieds de longueur, & sur une profondeur d'eau qui varioit au moyen d'une planche horisontale, placée successivement à différentes distances du fond du canal. De

* Œuvres de Franklin, tom. 2, pag. 237.

plus, il raconte lui-même que n'ayant point de montre à secondes pour mesurer avec précision le tems que le bateau employoit à parcourir l'auge, il comptoit, le plus vîte qu'il pouvoit, la suite des nombres depuis un jusqu'à dix, & qu'il marquoit les dixaines avec ses doigts; mais qu'afin de corriger les petites inégalités inévitables dans les vitesses des comptes, il a répété plusieurs fois l'expérience à chacune des différentes profondeurs de l'eau, pour prendre le terme moyen. C'est ainsi qu'il a trouvé que l'assertion des Bateliers est vraie en effet : mais voilà tout ce qu'on peut conclure en gros de ces expériences qui ne sont nullement propres à faire connoître la mesure précise de la résistance de l'eau dans un canal étroit, ni le rapport de cette résistance avec celle qu'on éprouve dans les fluides indéfinis.

Notre travail embrasse les deux sortes de résistances : nous les avons déterminées par des moyens semblables, & dans la grandeur qui a paru la plus avantageuse. Par-là nous nous sommes mis en état de les comparer d'une manière directe & sûre, sans rien em-

prunter des Auteurs qui nous ont précédés ſur quelques points. Commençons par rapporter en détail nos expériences ; enſuite nous en comparerons les réſultats avec ceux de la théorie.



CHAPITRE PREMIER.

Préparation aux Expériences.

1. QU'UN fluide qui ſe meut uniformément, aille choquer un corps en repos, ou qu'un corps ſe meuve uniformément dans un fluide en repos: l'impulſion réſultante contre le corps eſt la même dans les deux cas. En effet, pour ramener le premier au ſecond, il ne faut que ſuppoſer le fluide en repos, & attribuer en ſens contraire ſon mouvement au corps: & réciproquement. Ainſi toutes les expériences qui regardent l'impulſion ou la réſiſtance des fluides, peuvent ſe réduire à faire mouvoir dans un fluide en repos un corps de figure donnée, au moyen d'un poids ou de toute autre force connue, & à déterminer le tems que ce corps employe à parcourir un eſpace donné.

2. NOUS avons ſuivi cette méthode dans nos expériences. On a fait courir ſucceſſivement ſur l'eau pluſieurs bateaux ou vaiſſeaux de différentes formes, que nous ferons connoître en détail; & on a meſuré les tems de leurs mouvements, par le moyen d'une excellente pendule à demi-ſecondes, de la façon du ſieur le Paute.

3. LA Figure 1 de la Planche I repréſente en Planc. I.

perſpective le baſſin & l'appareil général des expériences ſur le fluide indéfini ; la Figure de la Planche II, montre le plan ou la coupe horizontale des mêmes objets. On voit que le baſſin eſt un peu irrégulier d'un côté, & que de l'autre, il a la forme d'un parallélépipède. Il eſt revêtu en pierres tant aux parois qu'au fond. Il a environ 100 pieds de longueur, & 53 pieds de largeur dans ſon milieu. La profondeur du baſſin n'eſt pas la même par-tout. La plus grande hauteur de l'eau, qui ſe trouve dans le voiſinage du côté *AB*, peut aller à 6 pieds $\frac{1}{2}$.

Planc. II.

Planc. I. Fig. 1.

4. Dans la Figure 1 (Planc. I), *MN* eſt un mât planté verticalement ſur l'un des deux petits bords du baſſin ; il a environ 76 pieds de hauteur hors de terre.

EF eſt un bâtis de charpente, compoſé de deux montants & d'une traverſe horizontale, amovible. Les faces intérieures & verticales des deux montants, ont chacune une rainure pour recevoir un chaſſis de fer qui porte une poulie verticale *S* de cuivre, parfaitement mobile ſur ſes pivots, & qu'on fait monter ou deſcendre à volonté le long des deux rainures propoſées. De plus une vis *G* ſert à donner, dans le beſoin, de petits mouvements de haut en bas, ou de bas en haut, à la poulie, ſans qu'on ſoit obligé de faire changer de place au chaſſis.

Fig. 2, 3, 4.

On voit (Fig. 2) la coupe verticale du bâtis de charpente & du chaſſis de la poulie, dans le ſens de la longueur du baſſin ; & (Fig. 3) la coupe horizon-

tale des mêmes objets. La Figure 4 repréſente l'élévation ou la coupe verticale de la poulie & du chaſſis qui la porte, par un plan perpendiculaire à celui de la Figure 2.

5. PRÈS de l'extrémité ſupérieure du mât, eſt implantée horizontalement (Fig. 1) une barre de fer *LR* qui porte à ſon extrémité *R*; une poulie parfaitement ſemblable & égale en tout à la poulie inférieure. Pour garantir la poulie *R* des injures de la pluie ou du mauvais tems, on l'a couverte par une eſpèce de toit en fer-blanc, mobile à charnière, dans le ſens *LR*, ou dans le ſens oppoſé *RL*. Fig. 1.

On voit (Fig. 5) la coupe verticale de la barre de fer, de la poulie & de ſon toit. La Figure 6 repréſente la coupe horizontale des mêmes objets. Fig. 5, 6.

Chaque poulie a 5 pouces $\frac{1}{2}$ ligne de diamètre; & le diamètre de chaque tourillon eſt de 4 lignes $\frac{2}{3}$.

Le chaſſis de fer, les poulies & les différentes pièces qui leur appartiennent, ont été exécutés avec toute la juſteſſe poſſible, par le ſieur Lennel, Elève & Succeſſeur du ſieur Canivet, pour la conſtruction des inſtruments de Mathématiques.

6. LE bateau *Z* (Fig. 1) eſt tiré horizontalement dans le ſens *HVS*, au moyen d'un poids *P* attaché à un cordon de ſoye *HVSRPX* qui paſſe ſur les deux poulies, & qui pend toujours depuis le poids juſqu'à terre, afin que les deux parties *RS*, *RX* de ce cordon ſe faſſent continuellement équilibre. Ce même cordon a environ 2 lignes $\frac{1}{4}$ de diamètre; & il peſe 28 onces, Fig. 1.

7 gros $\frac{1}{2}$, ſur 39 toiſes $\frac{1}{2}$ de longueur; ce qui fait un peu moins de 6 gros par toiſe.

Les deux points *H* & *S* du cordon ſont de niveau, c'eſt-à-dire, à même hauteur au-deſſus de la ſurface du fluide. La partie *HVS* du même cordon forme à la rigueur la courbe qu'on appelle *chaînette*; mais cette courbe eſt peu ſenſible dans toutes nos expériences. On peut la conſidérer comme une ligne droite horizontale; & ſuppoſer en conſéquence que la tenſion de la corde qui tire le bateau, & qui eſt égale au poids *P*, agit ſuivant une direction horizontale.

7. SUR le bord longitudinal *AB* du baſſin, à compter d'environ 5 pieds de la face *AK*, on a tracé une ligne 0—5—10—15 &c, diviſée en parties égales qui ſont chacune de 5 pieds. Aux points 0, 5, 10, 15, &c, de cette ligne, répondent ſur la paroi oppoſée du baſſin, les points 0, 5, 10, 15, &c, auſſi diſtants les uns des autres, de 5 pieds, & tellement ſitués qu'en menant les droites ponctuées 0—0, 5—5, 10—10, 15—15, &c, toutes ces lignes ſont perpendiculaires à la direction du bateau.

8. ON a planté ſur le bord *AB*, dans l'alignement de pluſieurs des droites 0—0, 5—5, 10—10, &c, des piquets un peu larges dans le ſens de ces lignes. Différents Obſervateurs placés à ces piquets, & bornoyant les points correſpondants 0 & 0, 5 & 5, 10 & 10, 15 & 15, &c, déterminent l'inſtant où le bateau, par ſon mouvement, répond à chacune des lignes 0—0, 5—5, 10—10, &c, en prêtant

l'oreille à la voix de celui qui compte hautement les oſcillations à demi-ſecondes de la pendule.

9. LE poids moteur étant au haut du mât, le bateau eſt diſtant de la droite o — o, où l'on ceſſe d'obſerver le mouvement, de *66* pieds, du moins à très-peu de choſe près ; en ſorte que depuis le point de départ juſqu'à ſon arrivée à cette ligne, il parcourt réellement *66* pieds. Mais comme le mouvement s'accélère d'une manière ſenſible dans les commencements, nous n'avons pas obſervé les premiers degrés d'accélération ; nous n'avons déterminé le mouvement que ſur les 50 pieds qui viennent ſe terminer à la ligne o — o. Ainſi le corps a déja parcouru 16 pieds, en partant de zero de viteſſe, lorſque nous commençons à comparer l'eſpace avec le tems. Nous faiſons cette comparaiſon ſur une longueur de 50 pieds ; & nous déterminons non-ſeulement le tems total employé à parcourir cet eſpace, mais encore les tems particuliers employés à parcourir ſes parties égales ou inégales, ſuivant la poſition des piquets & des Obſervateurs.

10. LES points de diviſion 0, 5, 10, 15, &c; de la droite *ab*, vont en ſens contraire du mouvement du bateau. On a réellement employé ces points dans les expériences; mais pour plus de ſimplicité, nous imaginerons parallélement à *ab*, une droite *cd* ſur laquelle nous écrirons zero vis-à-vis du point 50 ſur *ab*, 5 vis-à-vis de 45, &c. Par-là, nous commencerons à compter le mouvement depuis le point zero juſqu'au point 50.

11. ON ne s'eſt pas aſſujetti à faire commencer le tems avec le mouvement. Outre que la choſe eût été embarraſſante, on ſent qu'elle eſt abſolument inutile; car en retranchant le nombre de demi-ſecondes, prononcé à l'inſtant où le bateau paſſe vis à-vis le point zero, du nombre de demi-ſecondes, prononcé à l'inſtant où il paſſe vis-à-vis d'un autre point, on a évidemment le tems employé à parcourir l'eſpace compris entre ces deux points. Ainſi on pourra faire répondre zero de tems à zero d'eſpace, comme nous l'avons pratiqué en effet, pour la plus grande clarté, dans la rédaction de nos expériences.

12. NOUS ne croyons pas non plus devoir rapporter ici ces expériences dans l'ordre où elles ont été faites, parce que cet ordre, déterminé dans la pratique par des raiſons de commodité & d'expédition, jetteroit de la confuſion dans le diſcours. Nous préférons maintenant l'ordre de la méthode, qui conduit d'une expérience à l'autre, en paſſant ſucceſſivement des cas les plus ſimples aux plus compoſés. C'eſt ainſi qu'après avoir déterminé la réſiſtance qu'éprouve une ſurface plane qui diviſe directement un fluide, ou qui le choque perpendiculairement, nous déterminerons les réſiſtances des ſurfaces angulaires.

Il n'y a aucune de nos expériences qui n'ait été répétée & vérifiée pluſieurs fois avec toute l'attention poſſible; nous avons pris un milieu entre celles qui différoient très-peu entr'elles, & que nous jugions d'ailleurs fort exactes; toutes les autres qui n'avoient pas ce caractère ont été rejettées. Dans les expériences conſervées,

conservées, les différences des tems employés à parcourir 50 pieds, sont souvent au-dessous de 1 demi-seconde, & ne montent presque jamais à 1 seconde.

13. LES vaisseaux qui ont couru successivement seront distingués par différents numeros. On entendra toujours par cette expression, *hauteur du plan de flottaison*, ou simplement, *hauteur de la flottaison*, la quantité dont le vaisseau est plongé dans l'eau suivant la verticale. Le fond ou la quille de chaque vaisseau est toujours de niveau ou parallèle au plan de flottaison.

On fait prendre au vaisseau la flottaison convenable, en le chargeant de corps pesants, tels que des bombes, des boulets de canon, des pierres, &c.

14. COMME il est presque impossible dans la pratique, que la direction du cordon & celle de la force résultante de toutes les résistances demeurent constamment dans un même plan vertical, pendant que le bateau se meut; & que, si cette condition n'a pas lieu, le bateau serpentera en cheminant, & oscillera autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité : nous avons cherché à prévenir ou à suspendre ces mouvements étrangers & nuisibles à notre objet, en mettant un gouvernail à la poupe du vaisseau. Ce moyen a très-bien réussi pour les mouvements sur le fluide indéfini; mais il a été trouvé insuffisant dans les canaux étroits, du moins lorsqu'il restoit très-peu d'espace entre les parois du canal & celles du bateau; & nous avons été obligés d'employer alors un

autre expédient que nous ferons connoître en ſon lieu.

Le gouvernail eſt, dans tous les cas, une planche mince, dont le plan vertical ne s'écarte jamais, au moins ſenſiblement, du plan vertical & longitudinal qui partage le vaiſſeau en deux parties égales & ſemblables. Nous verrons dans la ſuite que la réſiſtance qui provient du frottement de l'eau contre les parois latérales du vaiſſeau, contre le fond, & contre le gouvernail, peut être regardée comme nulle par rapport à la réſiſtance qu'éprouve la proue de chaque vaiſſeau.

Paſſons à la forme & aux dimenſions des vaiſſeaux dont nous nous ſommes ſervis. Voyez les Planches

Pl. IV, V. IV & V.

VAISSEAU N°. 1.

N°. 1. 15. CE vaiſſeau qui eſt, ſuivant ſa profondeur ou dimenſion verticale, un priſme droit, a pour baſe ou pour ſa coupe horizontale, un pentagone $ABCDE$, dont les côtés AE, BC ſont perpendiculaires à la face de la tête, ou à la proue AB, & dont la partie poſtérieure ou la poupe eſt un triangle iſoſcèle CDE. Le chaſſis de bois $CGFE$, qui eſt en l'air & ne trempe point dans l'eau, eſt deſtiné à ſoutenir le gouvernail, & à lui donner la direction convenable.

$AB = 1$ pied ; $AE = BC = mn = 4$ pieds ; $nD = 2$ pieds ; $DH = 4$ pieds 4 pouces ; profondeur du vaiſſeau $= 18$ pouces. Il eſt inutile d'avertir en général que la profondeur d'un vaiſſeau eſt plus grande que la quantité dont il trempe dans l'eau.

Nous prenons toujours ici & dans la ſuite, les meſures de dehors en dehors.

Vaisseau N°. 2.

16. Ce vaiſſeau, priſmatique ſuivant ſa profondeur, a pour baſe ou coupe horizontale, un exagone $ABCLKE$ dont les faces latérales AE, BC ſont perpendiculaires à la proue AB, & dont la poupe eſt le trapèze $CLKE$. Le chaſſis $CGFE$, extérieur à l'eau, ſoutient le gouvernail DH. N°. 2.

$AB = 2$ pieds ; $AE = BC = mn = 4$ pieds ; $nD = 2$ pieds ; $KL = 1$ pied ; $DH = 4$ pieds 4 pouces ; profondeur du vaiſſeau $= 18$ pouces.

Vaisseau N°. 3.

17. Ce vaiſſeau eſt un parallélépipède rectangle, dont AB repréſente la proue, EC la poupe, AE & BC les faces latérales, DH le gouvernail, lequel eſt ſoutenu par un demi-cercle de fer CFE qui eſt hors de l'eau. N°. 3.

$AB = 19$ pouces 8 lignes ; $AE = BC = mD = 6$ pieds 1 pouce ; $DH = 5$ pieds ; profondeur du vaiſſeau $= 19$ pouces 8 lig.

Vaisseau N°. 4.

18. Tronçon du précédent coupé perpendiculairement à ſa longueur. Il n'y a de différence que dans la longueur qui eſt ici de 2 pieds 1 pouce 9 lignes. N°. 4.

VAISSEAU N°. 5.

N°. 5. 19. AUTRE tronçon du n°. 3 coupé perpendiculairement à sa longueur. Ici la longueur est de 4 pieds.

VAISSEAU N°. 6.

N°. 6. 20. CE vaisseau est dans le sens de sa longueur, un prisme représenté en perspective par *AB* (Fig. A).

Fig. A, B, C, D. Le rectangle *CDEF* (Fig. B) en est une section horizontale, faite à l'endroit le plus large. Le rectangle *IHGK* (Fig. C) est sa coupe verticale & longitudinale, qui le divise en deux parties égales & semblables. La Figure *LMN* (Fig. D) représente chacune des bases opposées du vaisseau, ou la coupe faite en un endroit quelconque, perpendiculairement à sa longueur.

Longueur *CD* ou *HG* = 6 pieds; largeur *DE* ou *CF* ou *cf* = 19 pouces 8 lignes; profondeur *KG* ou *IH* ou *OM* = $19\frac{1}{2}$ pouces.

VAISSEAU N°. 7.

N°. 7. 21. CE vaisseau est le n°. 1, retourné de l'avant à l'arrière, en sorte que la poupe de celui-ci est maintenant la proue du n°. 7. Le chassis *CFGE* placé à la poupe, soutient le gouvernail à l'ordinaire.

AB = 1 pied; *QT* = 2 pieds.

VAISSEAUX N°s. 8, 9, 10, 11, 12.

N°s. 8, 9, 10, 11, 12. 22. TOUS ces vaisseaux sont le n°. 2, auquel on a

adapté des proues angulaires ADB dont les faces sont verticales & égales, & qui ne diffèrent que par leurs hauteurs DQ.

N°s. 8		6 pouces.
9		12
10	$DQ =$	18
11		24
12		30

VAISSEAUX N°s. 13, 14.

23. CES deux vaisseaux ne sont autre chose que le n°. 3, auquel on a adapté successivement deux proues angulaires ADB qui diffèrent seulement par leurs hauteurs DQ. Nos. 13, 14.

N°s. 13	$DQ =$	9 pouces $9\frac{1}{2}$ lignes.
14		19 pouces 8 lignes

VAISSEAUX N°s. 15 & 16.

24. ON a représenté par leurs profils ou coupes verticales ou longitudinales $KARS$, ces deux vaisseaux qui ne sont que le n°. 4, auquel ont été adaptées les proues AN qui forment des plans inclinés à la surface du fluide. Nos. 15 & 16.

N°s. 15	$KM =$	20 pouces
16		39 pouces 3 lignes.

Dans l'un & l'autre vaisseau, $KA = 19$ pouces 8 lig.

VAISSEAUX N°s. 17 & 18.

25. LES mêmes que les deux précédents retournés de haut en bas, de manière que KS, qui étoit Nos. 17 & 18.

tout-à-l'heure la baſe ſupérieure, eſt maintenant la baſe inférieure.

On doit obſerver ici que la petite épaiſſeur MN= 1 pouce.

VAISSEAU N°. 19.

N°. 19. 26. CE vaiſſeau eſt le n°. 3, auquel on a appliqué une proue cylindrique dont AB eſt le diamètre.

VAISSEAU N°. 20.

N°. 20. 27. CONSTRUIT d'après un modèle de la précieuſe collection de vaiſſeaux de toutes eſpèces & de toutes grandeurs, que M. Duhamel a raſſemblés dans une ſalle qui touche à celle de l'Académie des Sciences.

Fig. A, B, C, D, E, F. Il eſt repréſenté en perſpective, par la Figure A. La Figure B en eſt la coupe horizontale, faite parallélement à la quille, à l'endroit le plus large du vaiſſeau. La Figure C eſt la coupe verticale & longitudinale qui diviſe ce vaiſſeau en deux parties égales & ſemblables. La Figure D eſt la coupe latitudinale, à l'endroit le plus gros, laquelle eſt perpendiculaire à la longueur; elle répond aux lignes marquées par MN au plan & au profil. Enfin les Figures E & F ſont d'autres ſections latitudinales perpendiculaires à la longueur, leſquelles répondent aux droites GH ſur le plan & ſur le profil.

La longueur du vaiſſeau eſt de 6 pieds; la profondeur & la plus grande largeur ſont chacune de 19 pouces 8 lignes.

Tous ces vaiſſeaux ont été exécutés par le ſieur Valette, Menuiſier très-adroit & très-intelligent.

CHAPITRE II.

Expériences sur la Résistance des Fluides indéfinis.

28. L'Eau du bassin proposé peut être regardée comme un fluide indéfini par rapport aux vaisseaux qui s'y meuvent. En effet, la ligne décrite par le vaisseau est distante de la paroi *AB* la plus voisine (Pl. I, Fig. 1 & Pl. II) d'environ 17 pieds; & le sillon que ce vaisseau trace, ne s'étend guère à plus de 2 pieds de part & d'autre de ses côtés; on peut regarder le reste de l'eau comme immobile. Le fluide qui est au-dessous du bateau peut être aussi regardé, dans le cas présent, comme indéfini, puisqu'il y a toujours plus de 4 pieds de profondeur d'eau, à compter du fond du bateau. Pl. I & II.

29. Le bateau étant supposé en repos, le fluide est de niveau tout autour de lui; mais aussi-tôt qu'il commence à se mouvoir, on voit l'eau s'élever peu-à-peu au-devant de la proue, & y former une espèce de *remou* ou de proue fluide qui n'est pas de niveau avec le fluide latéral. La hauteur du remou est plus grande vers le milieu de la proue que vers ses extrémités. Nous appellerons le remou de la première espèce, *remou central;* celui de la seconde, *remou latéral.* Quelquefois le remou latéral, précisément à la

pointe de chaque angle extrême de la proue, eſt plus bas que la ligne de flottaiſon ; alors ſa valeur eſt négative. On a obſervé ordinairement les deux eſpèces de remou ; mais quelques-unes de ces obſervations n'ont pas été faites avec toute l'attention poſſible. Nous ne rapporterons que celles qui nous ont paru exactes.

On comprend aſſez que la hauteur du remou central doit augmenter (& c'eſt ce qui arrive en effet), tant que la viteſſe du corps s'accélère. Mais lorſque le mouvement eſt parvenu à l'uniformité, cette hauteur demeure conſtamment la même. On a donc par-là un moyen bien ſimple (ſi l'obſervation eſt faite très-exactement) de reconnoître ſi le mouvement eſt uniforme, indépendamment de la comparaiſon des eſpaces parcourus avec les tems correſpondants.

30. POUR mettre de la méthode & de la clarté dans l'expoſition de nos expériences, nous allons commencer par rapporter celles qui ont pour objet la réſiſtance directe, c'eſt-à-dire, la réſiſtance des ſurfaces planes qui frappent perpendiculairement le fluide. Delà nous paſſerons à la réſiſtance oblique ou à celle des ſurfaces poſées obliquement par rapport à la direction du mouvement.



RÉSISTANCE DIRECTE.

EXPÉRIENCE I.

N°. 1.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 21 lig. remou latéral = 15 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	17,80	26,62	43,70

EXPÉRIENCE II.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 23 lig. remou latéral = 18 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,70	16,70	24,70	40,60

EXPÉRIENCE III.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 19 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,12	15,65	23,53	38,37

EXPÉRIENCE IV.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou *		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	14,00	20,30	34,30

EXPÉRIENCE V.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied			POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 26 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,00	13,45	20,25	33,75

EXPÉRIENCE VI.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 29 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,00	13,50	20,00	32,75

EXPÉRIENCE VII.

VAISSEAU N°. 1. hauteur de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou *				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	6,90	13,00	19,71	32,16

EXPÉRIENCE VIII.

N°. 2.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 15 lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	10,57	18,84	25,24	29,00	50,11

EXPÉRIENCE IX.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 18 lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,98	18,96	23,67	27,91	46,83

EXPÉRIENCE X.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 25 lig. remou latéral = 21 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	9,48	18,70	22,95	27,22	44,54

EXPÉRIENCE XI.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 27 lig. remou latéral = 23 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	9,00	16,95	21,05	25,13	41,25

EXPÉRIENCE XII.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = $26\frac{1}{2}$ lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	8,10	15,65	19,90	23,58	38,70

EXPÉRIENCE XIII.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 36 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral *				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes	0	8,00	15,08	22,47	36,66

EXPÉRIENCE XIV.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 37 lig. remou latéral = 30 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,70	14,16	21,02	34,70

EXPÉRIENCE XV.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 44 marcs. remou central = 41 lig. remou latéral = 35 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,05	13,55	20,00	33,25

EXPÉRIENCE XVI.

VAISSEAU N°. 2. hauteur de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 44 lig. remou latéral = 37 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,91	13,33	19,74	32,33

EXPÉRIENCE XVII.

N°. 3.
1re ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 18 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,87	26,87	31,89	51,94

EXPÉRIENCE XVIII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 18 $\frac{1}{2}$ lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,19	19,64	24,44	29,36	47,75

EXPÉRIENCE XIX.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 21 lig. remou latéral = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	18,37	22,87	27,25	44,62

EXPÉRIENCE XX.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. $\frac{1}{2}$.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,06	17,31	21,62	25,43	41,75

EXPÉRIENCE XXI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 28 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,67	16,00	20,00	23,54	38,84

EXPÉRIENCE XXII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = $32 \frac{1}{2}$ lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,20	15,80	19,60	23,30	37,80

EXPÉRIENCE XXIII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 22 marcs remou central = 35 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,69	15,31	18,75	22,31	36,31

EXPÉRIENCE XXIV.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig

POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 38 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,31	14,50	18,00	21,28	34,75

EXPÉRIENCE XXV.

VAISSEAU N°. 3. haut. de flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 27 marcs. remou central = 42 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,95	13,50	16,85	20,44	33,40

EXPÉRIENCE XXVI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 46 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,62	13,25	16,62	20,00	32,50

EXPÉRIENCE XXVII.

VAISSEAU N°. 3. haur. de la flot. = 7 pouc. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 36 marcs. remou central = 50 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,35	12,65	15,58	18,58	29,90

EXPÉRIENCE XXVIII.

2e ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 3. haut de la flot. = 12 pouc. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 9 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	13,97	26,81	33,34	39,37	63,82

EXPÉRIENCE XXIX.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 pouc. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 11 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	12,60	24,65	30,15	36,20	58,55

EXPÉRIENCE XXX.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 pouc. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 13 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	11,60	22,30	27,70	33,00	54,35

EXPÉRIENCE XXXI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 15 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,00	22,04	27,04	32,28	52,00

EXPÉRIENCE XXXII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig			POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 16 ½ lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,60	20,25	25,25	30,00	48,50

EXPÉRIENCE XXXIII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 19 marcs. remou central = 17 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,30	19,90	24,70	29,10	47,00

EXPÉRIENCE XXXIV.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,20	19,58	24,07	28,45	46,05

EXPÉRIENCE XXXV.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 19 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,90	18,18	22,81	26,93	44,12

EXPÉRIENCE XXXVI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 20 lig. $\frac{1}{2}$.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	17,36	21,50	25,78	42,07

EXPÉRIENCE XXXVII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 25 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	16,94	21,00	24,90	40,70

EXPÉRIENCE XXXVIII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 26 marcs. remou central = 23 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,80	16,85	20,60	24,75	40,25

EXPÉRIENCE XXXIX.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 24 lig. ½.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,21	16,19	19,62	23,65	38,53

EXPÉRIENCE XL.

VAISSEAU N°. 3. baut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 26 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,06	15,66	19,25	23,06	37,25

EXPÉRIENCE XLI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 29 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,80	15,30	19,00	22,40	36,20

EXPÉRIENCE XLII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 35 marcs. remou central = 32 $\frac{1}{2}$ lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,37	14,75	18,06	21,83	35,18

EXPÉRIENCE XLIII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 38 marcs. remou central = 34 $\frac{1}{2}$ lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,12	13,96	17,31	20,50	33,50

EXPÉRIENCE XLIV.

3e ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig. | POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 15 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,95	21,32	26,25	31,15	50,75

EXPÉRIENCE XLV.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig. | POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,18	24,12	28,43	46,50

EXPÉRIENCE XLVI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig. | POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 21 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,80	18,31	22,46	26,93	43,81

EXPÉRIENCE XLVII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig. | POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,37	17,27	21,37	25,12	41,00

EXPÉRIENCE XLVIII.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig. | POIDS MOTEUR = 36 marcs. remou central = $27\frac{1}{2}$ lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,60	16,56	20,06	24,06	38,75

EXPÉRIENCE XLIX.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 33 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes	0	8,06	15,48	19,18	22,50	36,50

EXPÉRIENCE L.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 44 marcs. remou central = 36 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,70	14,10	18,50	20,99	34,66

EXPÉRIENCE LI.

VAISSEAU N°. 3. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 39 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,00	13,80	17,25	20,44	33,69

EXPÉRIENCE LII.

N°. 4.

VAISSEAU N°. 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou *

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,05	22,18	32,30	52,15

EXPÉRIENCE LIII.

VAISSEAU N°. 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 16 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,12	19,60	28,45	46,09

EXPÉRIENCE LIV.

VAISSEAU N°. 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 23 lig. remou latéral = 17 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,55	17,45	25,86	42,27

EXPÉRIENCE LV.

VAISSEAU N°. 4. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou *			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8 30	16,30	23,28	38,98

EXPÉRIENCE LVI.

N°. 6. 1re ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 8 marcs. remou central = 9 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,91	34,30	40,75	65,75

EXPÉRIENCE LVII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	12,78	30,06	37,38	59,66

EXPÉRIENCE LVIII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	o	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	o	11,46	27,66	33,35	54,65

EXPÉRIENCE LIX.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	o	10	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	o	10,38	26,06	30,64	50,80

EXPÉRIENCE LX.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	o	10	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	o	10,10	24,97	29,11	47,94

EXPÉRIENCE LXI.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = $26\frac{1}{2}$ lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	9,33	22,56	26,33	43,14

EXPÉRIENCE LXII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,00	19,50	23,69	38,92

EXPÉRIENCE LXIII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 36 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,10	18,78	20,95	34,82.

EXPÉRIENCE LXIV.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.			POIDS MOTEUR = 36 marcs. remou central = 42 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	6,96	17,05	20,18	32,72

EXPÉRIENCE LXV.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 pouc. 8 lig.			POIDS MOTEUR = 44 marcs. remou central = 50 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,62	15,12	18,69	30,00

EXPÉRIENCE LXVI.

N°. 6.

2e ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.			POIDS MOTEUR = 8 marcs. remou central = 9 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	16,74	37,67	46,34	74,00

EXPÉRIENCE LXVII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.			POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 11 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	14,31	33,25	40,42	65,56

EXPÉRIENCE LXVIII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 13 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,00	31,20	37,20	60,70

EXPÉRIENCE LXIX.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 16 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,12	29,36	34,46	56,61

EXPÉRIENCE LXX.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,10	27,40	32,30	53,05

EXPÉRIENCE LXXI.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,12	24,55	29,25	47,67

EXPÉRIENCE LXXII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 27 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,08	22,43	26,37	43,06

EXPÉRIENCE LXXIII.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig. | POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 33 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,31	20,37	24,00	39,25

EXPÉRIENCE LXXIV.

VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig. | POIDS MOTEUR = 36 marcs. remou central = 38 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,83	18,75	22,08	35,83

RÉSISTANCE OBLIQUE.

EXPÉRIENCE LXXV.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaison = 1 pied. | POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 0.

N°. 7.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,56	15,06	21,18	33,06

EXPÉRIENCE LXXVI.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaifon = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 29 lig. remou latéral = o.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,40	13,95	19,80	30,80

EXPÉRIENCE LXXVII.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaifon = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 33 lig. remou latéral = o.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	6,80	12,79	18,20	28,70

EXPÉRIENCE LXXVIII.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaifon = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = o.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	6,25	11,87	17,25	27,25

EXPÉRIENCE LXXIX.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 37 lig. remou latéral = − 2 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	5,55	10,85	15,89	25,25

EXPÉRIENCE LXXX.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 38 lig. remou latéral = − 4 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	5,25	10,37	15,37	24,50

EXPÉRIENCE LXXXI.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 38 $\frac{1}{2}$ lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	5,00	10,00	14,62	23,62

EXPÉRIENCE LXXXII.

VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 39 lig. remou latéral = − 6 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	4,96	9,94	14,50	23,40

EXPÉRIENCE LXXXIII.

N° 8.

VAISSEAU N°. 8. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 12 lig. remou latéral = 6 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,50	23,75	34,71	55,79

EXPÉRIENCE LXXXIV.

VAISSEAU N°. 8. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 14 lig. remou latéral = 7 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	11,20	21,30	31,40	51,40

EXPÉRIENCE LXXXV.

VAISSEAU N°. 8.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 16 marcs.
remou central = 15 lig.
remou latéral = 7 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	10,50	20,68	30,70	50,00

EXPÉRIENCE LXXXVI.

VAISSEAU N°. 8.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 20 marcs.
remou central = 21 lig.
remou latéral = 11 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	8,20	18,20	26,10	43,50

EXPÉRIENCE LXXXVII.

VAISSEAU N°. 8.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 27 lig.
remou latéral = 17 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	8,16	16,00	23,50	38,50

EXPÉRIENCE LXXXVIII.

VAISSEAU N°. 8. haut. de la flottaiſon = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 19 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	7,75	14,87	22,50	37,00

EXPÉRIENCE LXXXIX.

VAISSEAU N°. 8. haut. de la flottaiſon = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	7,12	14,00	21,48	34,92

EXPÉRIENCE XC.

VAISSEAU N°. 8. haut. de la flottaiſon = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 36 marcs. remou central = 39 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	7,00	13,81	20,37	33,12

EXPÉRIENCE XCI.

N°. 9.

VAISSEAU N°. 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,00	22,14	31,71	49,71

EXPÉRIENCE XCII.

VAISSEAU N°. 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,87	18,75	26,68	42,68

EXPÉRIENCE XCIII.

VAISSEAU N°. 9. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,68	16,31	23,62	38,18

EXPÉRIENCE XCIV.

VAISSEAU N°. 9.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 28 lig.
remou latéral = 11 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,36	15,50	22,50	35,56

EXPÉRIENCE XCV.

VAISSEAU N°. 9.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 28 marcs.
remou central = 33 lig.
remou latéral = 9 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,80	14,45	20,95	32,95

EXPÉRIENCE XCVI.

VAISSEAU N°. 9.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou *

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,50	13,60	20,00	31,60

N°. 10.

EXPÉRIENCE XCVII.

VAISSEAU N°. 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou *			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,20	22,10	31,80	49,80

EXPÉRIENCE XCVIII.

VAISSEAU N°. 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 14 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,62	19,71	28,21	44,35

EXPÉRIENCE XCIX.

VAISSEAU N°. 10. haut. de la flottaison = 1 pied.		POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,87	17,80	26,00	41,00

EXPÉRIENCE C.

VAISSEAU N°. 10.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 16 marcs.
remou central = 22 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,30	17,30	25,00	39,00

EXPÉRIENCE CI.

VAISSEAU N°. 10.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 20 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 11 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	8,25	15,75	22,69	35,75

EXPÉRIENCE CII.

VAISSEAU N°. 10.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 27 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,00	14,50	20,64	32,62

EXPÉRIENCE CIII.

VAISSEAU N°. 10. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 33 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,46	13,39	19,37	30,37

EXPÉRIENCE CIV.

VAISSEAU N°. 10. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 38 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	12,87	18,57	28,87

EXPÉRIENCE CV.

N°. 11.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 16 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,62	21,56	29,76	45,62

EXPÉRIENCE CVI.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 18 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,83	18,46	26,16	41,50

EXPÉRIENCE CVII.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 21 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,75	18,00	25,56	39,96

EXPÉRIENCE CVIII.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 6 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,55	16,88	23,90	37,70

EXPÉRIENCE CIX.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 19 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,30	15,10	21,50	33,45

EXPÉRIENCE CX.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 35 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,00	13,60	19,40	30,70

EXPÉRIENCE CXI.

VAISSEAU N°. 11. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 40 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,20	12,90	18,20	28,50

EXPÉRIENCE CXII.

VAISSEAU N°. 11.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 45 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,90	12,70	17,60	27,60

EXPÉRIENCE CXIII.

N°. 12.

VAISSEAU N°. 12.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 10 marcs.
remou central = 16 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,35	21,00	29,70	45,50

EXPÉRIENCE CXIV.

VAISSEAU N°. 12.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 12 marcs.
remou central = 21 lig.
remou latéral = 4 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,12	18,50	26,62	41,12

EXPÉRIENCE CXV.

VAISSEAU N°. 12. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 0.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,32	18,40	25,80	39,40

EXPÉRIENCE CXVI.

VAISSEAU N°. 12. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 29 lig. remou latéral = − 4 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,85	16,87	23,75	36,62

EXPÉRIENCE CXVII.

VAISSEAU N°. 12. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 33 lig. remou latéral = − 6 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,65	15,00	21,20	33,40

EXPÉRIENCE CXVIII.

VAISSEAU N°. 12. haut de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 38 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,70	14,10	19,68	30,81

EXPÉRIENCE CXIX.

VAISSEAU N°. 12. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 45 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,17	13,20	18,37	28,62

EXPÉRIENCE CXX.

VAISSEAU N°. 12. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 52 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,88	12,34	17,40	27,00

EXPÉRIENCE,

EXPÉRIENCE CXXI.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 17 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	9,35	17,25	21,70	26,00	41,60

N°. 13.

1e ligne de flottaifon.

EXPÉRIENCE CXXII.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 23 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,06	16,25	20,44	23,81	38,18

EXPÉRIENCE CXXIII.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 28 lig. remou latéral = 10 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,75	15,06	18,81	21,80	35,37

Expérience CXXIV.

Vaisseau N°. 13.
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

Poids moteur = 16 marcs.
remou central = 30 lig.
remou latéral = 12 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	14,80	18,35	21,30	33,90

Expérience CXXV.

Vaisseau N°. 13.
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

Poids moteur = 18 marcs.
remou central = 35 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	6,90	13,40	16,81	19,70	31,95

Expérience CXXVI.

Vaisseau N°. 13.
haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

Poids moteur = 20 marcs.
remou central = 39 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	6,80	13,10	16,40	18,90	30,45

EXPÉRIENCE CXXVII.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 13 lig. remou latéral = 2 lig.

2e ligne de flottaison.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,85	22,60	27,05	33,10	52,00

EXPÉRIENCE CXXVIII.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 16 lig. remou latéral = 2 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,40	21,30	25,05	30,50	47,90

EXPÉRIENCE CXXIX.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 20 lig. remou latéral = 3 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,71	20,00	23,12	28,70	45,12

Expérience CXXX.

Vaisseau N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.	Poids moteur = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 5 lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	18,53	21,75	26,52	42,06

Expérience CXXXI.

Vaisseau N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.	Poids moteur = 18 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 7 lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	17,67	20,68	25,10	39,87

Expérience CXXXII.

Vaisseau N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.	Poids moteur = 20 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 8 lig.					
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,00	16,31	20,01	23,57	37,68

EXPÉRIENCE CXXXIII.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 22 marcs.
remou central = 34 lig.
remou latéral = 9 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,31	15,50	18,42	22,00	35,50

EXPÉRIENCE CXXXIV.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 36 lig.
remou latéral = 10 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,20	15,25	18,30	21,97	34,90

EXPÉRIENCE CXXXV.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 26 marcs.
remou central = 38 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,96	14,56	17,75	21,60	34,00

EXPÉRIENCE CXXXVI.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 39 lig. ½.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	7,38	13,81	16,87	20,45	32,37

EXPÉRIENCE CXXXVII.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 41 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	7,18	13,40	16,50	19,59	31,05

EXPÉRIENCE CXXXVIII.

3ᵉ ligne de raifon.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 8 lig. remou latéral = 2 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	13,83	25,75	31,25	37,25	59,15

EXPÉRIENCE CXXXIX.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 12 marcs.
remou central = 11 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,00	24,10	29,05	34,55	54,60

EXPÉRIENCE CXL.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 14 marcs.
remou central = 14 lig.
remou latéral = o.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,41	22,74	27,37	32,23	51,11

EXPÉRIENCE CXLI.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 16 marcs.
remou central = $15\frac{1}{2}$ lig.
remou latéral = o.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,12	20,55	25,31	29,32	47,20

EXPÉRIENCE CXLII.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 18 marcs.
remou central = 17 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,94	23,65	27,52	44,50

EXPÉRIENCE CXLIII.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 20 marcs.
remou central = $18\frac{1}{2}$ lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,45	17,57	22,65	25,82	42,00

EXPÉRIENCE CXLIV.

VAISSEAU N°. 13.
haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 22 marcs.
remou central = 20 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	17,00	21,62	24,82	40,25

EXPÉRIENCE CXLV.

VAISSEAU N°. 13. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 23 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,67	16,31	20,65	23,67	38,40

EXPÉRIENCE CXLVI.

N°. 14. 1[e] ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 20 lig. remou latéral = 0.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,62	16,25	20,15	23,57	36,57

EXPÉRIENCE CXLVII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 26 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,30	14,81	18,47	22,00	34,00

EXPÉRIENCE CXLVIII.

VAISSEAU N°. 14. haut de la flot. = 7 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 32 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,00	14,60	17,50	20,92	32,12

EXPÉRIENCE CXLIX.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 36 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,80	13,80	16,25	19,81	30,41

EXPÉRIENCE CL.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.

POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 40 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,40	13,29	15,65	19,05	29,20

EXPÉRIENCE CLI.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 44 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	12,79	15,10	18,26	28,10

EXPÉRIENCE CLII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 22 marcs. remou central = 47 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,60	12,20	14,60	17,32	27,00

EXPÉRIENCE CLIII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 50 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	11,89	14,40	16,69	26,25

EXPÉRIENCE CLIV.

2ᵉ ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 15 lig. remou latéral = − 2 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,81	21,60	25,54	30,46	47,18

EXPÉRIENCE CLV.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 12 marcs, remou central = 18 lig. remou latéral = − 2 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,00	19,80	23,12	27,50	42,85

EXPÉRIENCE CLVI.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig. | POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou central = 20 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,09	17,84	22,00	25,00	39,45

EXPÉRIENCE CLVII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.

POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,30	16,90	20,10	23,60	37,15

EXPÉRIENCE CLVIII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.

POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 29 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	15,90	19,00	22,78	35,50

EXPÉRIENCE CLIX.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.

POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 35 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,40	15,00	18,05	22,02	34,00

EXPÉRIENCE CLX.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 40 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,80	14,00	16,70	19,81	31,10

EXPÉRIENCE CLXI.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 45 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	13,04	16,15	18,61	29,30

EXPÉRIENCE CLXII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 30 marcs. remou central = 50 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,50	12,20	15,15	17,44	27,55

EXPÉRIENCE CLXIII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 11 lig. remou latéral = − 3 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	12,98	23,76	27,66	33,62	51,50

3e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CLXIV.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,90	21,75	25,31	30,47	46,87

EXPÉRIENCE CLXV.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 14 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	25	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,85	20,40	24,00	28,50	44,00

EXPÉRIENCE CLXVI.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = − 5 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	10,20	19,00	26,85	41,50

EXPÉRIENCE CLXVII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 18 marcs. remou central = 24 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	10,00	18,12	25,27	39,12

EXPÉRIENCE CLXVIII.

VAISSEAU N°. 14. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	9,70	16,62	23,82	36,94

EXPÉRIENCE CLXIX.

No. 15.

VAISSEAU No. 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou *.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	9,08	17,21	25,22	41,00

EXPÉRIENCE CLXX.

VAISSEAU No. 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,00	15,33	23,08	37,50

EXPÉRIENCE CLXXI.

VAISSEAU No. 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	6,90	14,00	20,00	33,32

EXPÉRIENCE CLXXII.

VAISSEAU N°. 15. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 28 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	6,00	12,50	18,84	31,20

EXPÉRIENCE CLXXIII.

N°. 16.

VAISSEAU N°. 16. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	9,22	17,55	25,25	40,33

EXPÉRIENCE CLXXIV.

VAISSEAU N°. 16. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou *.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	8,22	15,60	22,50	35,95

EXPÉRIENCE CLXXV.

VAISSEAU N°. 16. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.
POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,22	13,92	20,10	32,15

EXPÉRIENCE CLXXVI.

VAISSEAU N°. 16. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.
POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	12,37	18,05	29,00

EXPÉRIENCE CLXXVII.

VAISSEAU N°. 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.
POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.

N°. 17.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,10	26,15	39,20	65,00

EXPÉRIENCE CLXXVIII.

VAISSEAU N°. 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,10	23,13	34,63	57,50

EXPÉRIENCE CLXXIX.

VAISSEAU N°. 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	19,90	30,13	51,00

EXPÉRIENCE CLXXX.

VAISSEAU N°. 17. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,60	17,12	27,83	46,80

EXPÉRIENCE CLXXXI.

N°. 18.

VAISSEAU N°. 18, haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 19 lig. remou latéral = 13 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	11,60	24,00	35,50	59,00

EXPÉRIENCE CLXXXII.

VAISSEAU N°. 18. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	20,15	31,50	52,40

EXPÉRIENCE CLXXXIII.

VAISSEAU N°. 18. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.			POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,00	19,10	28,60	47,50

EXPÉRIENCE CLXXXIV.

VAISSEAU N°. 18. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{3}$ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,80	18,72	27,79	44,89

RÉSISTANCE DE QUELQUES SURFACES COURBES.

EXPÉRIENCE CLXXXV.

N°. 19.

1e ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 26 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	8,06	16,07	22,75	36,00

EXPÉRIENCE CLXXXVI.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 33 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	13,75	20,20	32,20

EXPÉRIENCE CLXXXVII.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 40 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,92	12,68	18,76	29,60

EXPÉRIENCE CLXXXVIII.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 7 po. 10 lig.			POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 46 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,28	11,83	17,33	27,40

EXPÉRIENCE CLXXXIX.

2e ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 20 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,10	28,00	44,00

EXPÉRIENCE CXC.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 26 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,12	17,18	24,37	38,50

EXPÉRIENCE CXCI.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 32 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,70	16,05	22,60	35,40

EXPÉRIENCE CXCII.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 38 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,10	14,31	21,12	32,69

EXPÉRIENCE CXCIII.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 15 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,31	21,75	31,12	49,31

3e ligne de flottaison.

EXPÉRIENCE CXCIV.

VAISSEAU N°. 19. haut. de la flot. = 15 po. 10 lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,20	18,00	26,32	42,62

EXPÉRIENCE CXCV.

N°. 20.

1[e] ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 20. haut de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 6 marcs. remou central = 24 lig.		
Nombre de pieds parcou rus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,10	20,55	35,70

EXPÉRIENCE CXCVI.

VAISSEAU N°. 20. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 8 marcs. remou central = 30 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,87	18,00	31,18

EXPÉRIENCE CXCVII.

VAISSEAU N°. 20. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = 38 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	15,45	27,90

EXPÉRIENCE CXCVIII.

VAISSEAU N°. 20. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.	POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 48 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,25	14,56	26,50

EXPÉRIENCE CXCIX.

2e ligne de flottaison.

VAISSEAU N°. 20. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.	POIDS MOTEUR = 8 marcs. remou central = 33 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,94	20,71	36,69

EXPÉRIENCE CC.

VAISSEAU N°. 20. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.	POIDS MOTEUR = 10 marcs. remou central = $36\frac{1}{2}$ lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,82	17,89	32,50

EXPÉRIENCE CCI.

VAISSEAU N°. 20. haut. de la flot. = 15 po. 11 lig.		POIDS MOTEUR = 12 marcs. remou central = 40 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	25	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	7,00	17,00	30,75



CHAPITRE III.

Expériences ſur la Réſiſtance des Fluides dans des canaux étroits.

1. DANS le baſſin qui a ſervi aux Expériences précédentes, on a établi (Pl. III, Fig. 1, 2, 3), à une certaine profondeur, un plancher bien horizontal qui avoit environ 75 pieds de longueur ſur 11 pieds de largeur. Deux cloiſons verticales & ſans ceſſe parallèles, s'approchent ou s'éloignent l'une de l'autre pour former un canal plus ou moins étroit; elles ſont ſoutenues par des traverſes qui gliſſent dans des fentes qu'on a pratiquées à travers des pieux verticaux qui forment deux rangées parallèles, diſtantes l'une de l'autre d'environ 6 pieds 10 pouces. Plan. III, Fig. 1, 2, 3.

La Figure 1 repréſente le plan du baſſin, du plancher & du canal. La Figure 2 eſt la coupe verticale & longitudinale du canal; & la Figure 3 en eſt la coupe verticale & latitudinale.

2. LORSQUE le canal étoit fort étroit, il n'a jamais été poſſible de faire aller le bateau en ligne droite avec le ſecours d'un gouvernail. On a employé, pour cela, quatre poulies égales, bien mobiles, aſſemblées deux à deux dans une même chappe; l'un des aſſemblages étoit fixé au milieu de la tête de la proue, l'autre



au milieu de la tête de la poupe ; une corde tendue horizontalement avec force à l'aide d'un treuil, ſuivant la direction du milieu du canal, paſſoit entre chaque paire de poulies ; & le bateau étoit obligé de ſuivre la direction de cette corde qui faiſoit tourner de part & d'autre les poulies en ſens contraires, ſans frottement bien ſenſible. Les poulies, qui ſont toutes les quatre de bois de buis, ont chacune 1 pouce 7 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre ; & leurs tourillons qui ſont de cuivre, ainſi que les chappes, ont une ligne $\frac{1}{4}$ de diamètre.

On voit (Fig. 4) le plan d'un aſſemblage de pou-
Fig. 4 & 5. lies ; & (Fig. 5), ſa coupe verticale & perpendiculaire à la direction du mouvement.

3. DANS la plupart des Expériences qui ſuivent, le canal eſt ouvert par les deux bouts, pour permettre au Fluide de fuir devant le bateau, & au Fluide poſtérieur de le ſuivre, comme cela arrive dans un canal étroit de longueur indéfinie. Mais nous avons fait auſſi quelques Expériences, les deux bouts du canal étant fermés, pour comparer les réſultats de cette hypothèſe avec ceux du premier cas.

Par la profondeur de l'eau dans le canal, nous entendrons toujours la hauteur de l'eau au-deſſus du plancher qui forme le fond du canal. Nous avons varié cette profondeur, en introduiſant plus ou moins d'eau dans le baſſin.

LE CANAL ÉTANT OUVERT PAR LES DEUX BOUTS.

RÉSISTANCE DIRECTE.

EXPÉRIENCE I.

1e profondeur & 1e largeur du canal.

No. 1.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU No. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 12 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,04	21,61	31,82	50,86

EXPÉRIENCE II.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU No. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 12 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,80	20,35	29,70	46,95

Expérience III.

Profon. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. Vaisseau N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	Poids moteur = 24 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,85	17,90	26,35	42,30

Expérience IV.

Profon. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. Vaisseau N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	Poids moteur = 28 marcs. remou central = 35 lig. remou latéral = 30 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	17,20	25,20	39,80

Expérience V.

Profon. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. Vaisseau N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	Poids moteur = 32 marcs. remou central = 40 lig. remou latéral = 34 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,30	16,50	24,25	38,65

EXPÉRIENCE VI.

N°. 2.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaifon = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	17,08	31,96	45,58	68,83

EXPÉRIENCE VII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaifon = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	15,75	29,41	41,50	62,75

EXPÉRIENCE VIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaifon = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	15,33	27,66	39,41	59,33

EXPÉRIENCE IX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 56 marcs.
remou central = 34 lig.
remou latéral = 26 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,70	25,50	36,30	54,80

EXPÉRIENCE X.

N°. 4.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 4.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 18 lig.
remou latéral = 12 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	17,14	32,75	45,96	69,86

EXPÉRIENCE XI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 4.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	15,05	28,40	40,60	61,80

EXPÉRIENCE XII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 4.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 30 lig.
remou latéral = 21 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	13,65	25,45	36,50	55,65

EXPÉRIENCE XIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 4.
haut de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou central = 36 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,00	24,50	35,00	52,50

EXPÉRIENCE XIV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 18 lig.
remou latéral = 12 lig.

N°. 5.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	16,62	31,46	44,94	68,79

Expérience XV.

Profon. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. Vaisseau N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	Poids moteur = 32 marcs. remou central = 22 lig. remou latéral = 16 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	15,00	27,90	40,25	61,40

Expérience XVI.

Profon. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. Vaisseau N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	Poids moteur = 40 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 20 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,04	25,29	35,63	54,29

Expérience XVII.

Profon. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. Vaisseau N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	Poids moteur = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50.
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,65	22,95	32,70	49,85

EXPÉRIENCE XVIII.

N°. 6.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.	POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 15 lig. remou latéral = 9 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	14,55	27,65	39,95	61,30

EXPÉRIENCE XIX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 18 lig. remou latéral = 12 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,80	24,25	34,65	53,45

EXPÉRIENCE XX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 28 po. 6 lig. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,05	21,00	30,55	47,45

EXPÉRIENCE XXI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 28 po. 6 lig.
VAISSEAU N°. 6.
haur. de la flor. = 12 po. 8 lig.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,15	19,95	28,75	44,31

EXPÉRIENCE XXII.

1e profondeur & 2e largeur du canal.

N°. 1.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 1.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 16 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,70	18,80	27,90	45,10

EXPÉRIENCE XXIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 1.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 20 marcs.
remou central = 30 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,60	16,85	25,25	41,00

EXPÉRIENCE XXIV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 1.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 36 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	8,40	16,05	24,10	38,50

EXPÉRIENCE XXV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 1.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 48 lig.
remou latéral = 40 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-fecondes.	0	7,37	14,30	21,71	34,81

EXPÉRIENCE XXVI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaifon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 20 lig.

N°. 2.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-fecon.	0	13,85	26,70	38,30	60,10

EXPÉRIENCE XXVII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 30 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	12,25	24,05	35,05	54,75

EXPÉRIENCE XXVIII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou central = 36 lig.
remou latéral = 28 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	11,90	22,65	32,90	51,00

EXPÉRIENCE XXIX.

N°. 5.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-ſecon.	0	14,75	28,00	40,75	63,37

EXPÉRIENCE XXX.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 29 lig.
remou latéral = 21 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,30	23,80	34,75	54,60

EXPÉRIENCE XXXI.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 34 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	11,50	21,87	31,82	49,62

EXPÉRIENCE XXXII.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig.
largeur du canal = 40 pouces.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou central = 38 lig.
remou latéral = 30 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,25	20,35	29,95	46,25

EXPÉRIENCE XXXIII.

N°. 6.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 20 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	12,16	22,48	33,19	53,00

EXPÉRIENCE XXXIV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,79	19,59	28,76	46,00

EXPÉRIENCE XXXV.

PROFON. du canal = 15 po. 2 lig. largeur du canal = 40 pouces. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.		POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	18,00	26,15	42,00

EXPÉRIENCE XXXVI.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 20 lig.

2[e] profondeur & 3[e] largeur du canal.

N°. 1.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	8,58	17,00	24,75	40,00

EXPÉRIENCE XXXVII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 28 lig. remou latéral = 23 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,50	14,10	21,25	35,00

EXPÉRIENCE XXXVIII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 32 lig. remou latéral = 26 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,40	13,00	20,00	33,00

EXPÉRIENCE XXXIX.

N°. 2.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,42	20,00	29,83	47,83

EXPÉRIENCE XL.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 38 lig. remou latéral = 30 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,60	18,70	27,40	44,00

EXPÉRIENCE XLI.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou *.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,85	16,85	25,25	40,55

EXPÉRIENCE XLII.

N°. 5.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig	POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 26 lig. remou latéral = 22 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	21,00	31,00	51,07

EXPÉRIENCE XLIII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 34 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,50	20,00	28,60	46,10

EXPÉRIENCE XLIV.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 39 lig. remou latéral = 32 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,79	17,67	27,00	43,00

EXPÉRIENCE XLV.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.			POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 48 lig. remou latéral = 40 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,15	17,04	25,00	40,00

EXPÉRIENCE XLVI.

N°. 6.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.			POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 20 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,75	19,00	27,90	45,60

EXPÉRIENCE XLVII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po. 8 lig.			POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 34 lig. remou latéral = 28 lig.		
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	8,55	16,60	24,60	40,10

EXPÉRIENCE XLVIII.

PROFON. du canal = 15 po. 6 lig. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 6. haut. de la flot. = 12 po 8 lig.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 44 lig. remou latéral = 34 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,70	15,10	22,20	36,10

EXPÉRIENCE XLIX.

3[e] profondeur & 4[e] largeur du canal.

N°. 2.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 30 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,00	17,00	25,25	41,66

EXPÉRIENCE L.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 42 lig. remou latéral = 34 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,87	15,00	22,76	37,56

EXPÉRIENCE LI.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig.
largeur du canal indéfinie.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou central = 48 lig.

Nombre de pieds parcou rus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,00	14,37	21,62	35,37

EXPÉRIENCE LII.

N°. 5.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig.
largeur du canal indéfinie.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 36 lig.
remou latéral = 30 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	9,25	17,37	25,56	41,50

EXPÉRIENCE LIII.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig.
largeur du canal indéfinie.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 42 lig.
remou latéral = 36 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,87	15,20	22,50	37,00

EXPÉRIENCE LIV.

PROFON. du canal = 15 po. 4 lig.
largeur du canal indéfinie.
VAISSEAU N°. 5.
haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou central = 48 lig.
remou latéral = 42 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,31	14,87	21,87	35,25

EXPÉRIENCE LV.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig.
largeur du canal indéfinie.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 30 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,10	16,45	24,65	40,65

4° profondeur & largeur indéfinie du canal.

N°. 2.

EXPÉRIENCE LVI.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig.
largeur du canal indéfinie.
VAISSEAU N°. 2.
haut de la flottaison = 1 pied

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 39 lig.
remou latéral = 33 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,50	13,90	21,10	35,60

EXPÉRIENCE LVII.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 46 lig. remou lateral = 38 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,80	12,80	19,05	32,55

EXPÉRIENCE LVIII.

N°. 5.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,50	16,25	23,87	39,00

EXPÉRIENCE LIX.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 36 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,37	14,56	21,55	35,15

EXPÉRIENCE LX.

PROFON. du canal = 27 po. 3 lig. largeur du canal indéfinie. VAISSEAU N°. 5. haut. de la flot. = 12 po. 5½ lig.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 42 lig. remou latéral = 32 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	6,46	12,52	19,25	31,83

RÉSISTANCE OBLIQUE.

EXPÉRIENCE LXI.

2e profondeur & 1e largeur du canal.

N. 7.

PROFON. du canal = 15 pouc. ½. largeur du canal = 28 pouc. ½. VAISSEAU N°. 7. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 14 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,90	18,10	26,40	42,80

EXPÉRIENCE LXII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 7.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 20 marcs.
remou central = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,10	16,28	24,12	39,37

EXPÉRIENCE LXIII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 7.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	7,40	15,32	22,80	37,25

EXPÉRIENCE LXIV.

N°. 9.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 9.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 18 lig.
remou latéral = 12 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	16,12	29,52	41,87	64,83

EXPÉRIENCE LXV.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{3}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 9.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	14,87	26,87	38,47	59,60

EXPÉRIENCE LXVI.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{3}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 9.
haut. de la flottaison = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 48 marcs.
remou central = 30 lig.
remou latéral = 24 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	13,30	24,50	35,40	54,50



LE CANAL ÉTANT FERMÉ PAR LES DEUX BOUTS.

RÉSISTANCE DIRECTE.

EXPÉRIENCE LXVII.

2° profondeur & 1e largeur du canal.

N°. 1.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 24 lig. remou latéral = 18 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	20,25	30,00	49,00

EXPÉRIENCE LXVIII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N°. 1. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 20 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,60	18,87	27,87	45,12

EXPÉRIENCE LXIX.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 1.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 24 marcs.
remou central = 36 lig.
remou latéral = 30 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	8,80	17,50	25,81	41,94

EXPÉRIENCE LXX.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 32 marcs.
remou central = 18 lig.
remou latéral = 12 lig.

N°. 2.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	[illegible]	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	27,40	30,00	43,40	69,80

EXPÉRIENCE LXXI.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$.
largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$.
VAISSEAU N°. 2.
haut. de la flottaiſon = 1 pied.

POIDS MOTEUR = 40 marcs.
remou central = 24 lig.
remou latéral = 18 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-ſecondes.	0	14,10	27,11	39,80	64,20

EXPÉRIENCE LXXII.

PROFON. du canal = 15 pouc. $\frac{1}{2}$. largeur du canal = 28 pouc. $\frac{1}{2}$. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 30 lig. remou latéral = 24 lig.				
Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	13,60	25,80	37,65	60,60

REMARQUE.

Dans les Expériences sur le fluide indéfini, qui font la matière du Chapitre précédent, nous avons employé des gouvernails pour faire aller nos bateaux en ligne droite; dans celles du présent Chapitre, nous avons employé, pour le même objet, une corde tendue qui passoit de la poupe à la proue entre deux paires de poulies mobiles, ainsi qu'il a été expliqué. Reste à savoir si les résistances occasionnées par ces deux moyens sont les mêmes, du moins à peu près, & si elles ne produisent pas des différences sensibles dans les vitesses des bateaux. Pour éclaircir ce doute, nous avons fait les trois Expériences suivantes dans lesquelles chaque vaisseau est dirigé par un gouvernail, & qu'il faut comparer chacune à chacune des Expériences XXXIX, XL & XLI. En faisant cette comparaison, on verra que la résistance occasionnée par les poulies est plus grande que celle qui est occasionnée par le gouvernail; mais la différence est légère, & peut se négliger sans craindre d'erreur sensible.

EXPÉRIENCE LXXIII.

N°. 2.

PROFON. du canal = 15 pouc. ½. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 2. haut de la flottaison = 1 pied. | POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	10,00	19,96	29,25	47,15

EXPÉRIENCE LXXIV.

PROFON. du canal = 15 pouc. ½. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied. | POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	9,35	18,25	27,05	43,80

EXPÉRIENCE LXXV.

PROFON. du canal = 15 pouc. ½. largeur du canal = 75 pouces. VAISSEAU N°. 2. haut. de la flottaison = 1 pied. | POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou *.

Nombre de pieds parcourus.	0	10	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	8,65	16,70	25,15	40.45

CHAPITRE IV.

Addition aux deux Chapitres précédents.

1. LES Expériences qui font l'objet de cette addition, nous ayant paru un peu moins exactes que les précédentes, nous avions d'abord réfolu de les fupprimer. Mais après les avoir difcutées, nous avons vu que nonobftant certaines irrégularités auxquelles les mouvements font ici fujets, comme nous l'obferverons plus expreffément tout-à l'heure, ces nouvelles Expériences fuivent entr'elles la même loi qui règne entre toutes les autres de même nature; c'eft ce qui nous détermine à les donner par fupplément. Elles ont l'avantage de faire connoître, du moins à peu près, les réfiftances pour des proues fort étendues en fuperficie.

Pl. V. N°. 21 & 22. 2. LE bateau N°. 21 eft le N°. 5 qu'on fait mouvoir maintenant, de telle forte que fa grande face, qui a 4 pieds de largeur, fert de proue; & le N°. 22 n'eft autre chofe que le N°. 21 auquel on a adapté une proue triangulaire dont la hauteur $DQ = 1$ pied.

3. LES bateaux dont il s'agit, vont en ferpentant, plus ou moins, foit qu'on employe un gouvernail,

ou une corde tendue, pour les faire aller en ligne droite. Ces ſerpentements tendent à diminuer la viteſſe de tranſlation ; mais ſur les 20 derniers pieds, ils ſont preſque nuls, & on peut alors regarder le mouvement comme ſenſiblement rectiligne & uniforme. Si donc le tems obſervé pour une courſe entière du bateau, eſt un peu trop long, du moins celui que nous avons trouvé qui répond aux 20 derniers pieds, ne doit pas excéder beaucoup ſa vraie valeur.

4. DANS les quatorze premières Expériences qui ſuivent, le bateau eſt dirigé par un gouvernail, & le fluide eſt indéfini en tous ſens. Dans les trois autres, le bateau eſt dirigé par une corde tendue ; le fluide eſt indéfini en largeur ſeulement ; le plancher qui a ſervi pour les Expériences dans les canaux étroits, exiſte ici ; & la profondeur du fluide au-deſſus de ce plancher, eſt de 27 pouces 3 lignes.



EXPÉRIENCE I.

N°. 21.

VAISSEAU N°. 21.
haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.

POIDS MOTEUR = 16 marcs.
remou central = 2 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	37,45	55,00	91,00

EXPÉRIENCE II.

VAISSEAU N°. 21.
haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.

POIDS MOTEUR = 20 marcs.
remou central = 5 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	34,25	50,50	83,00

EXPÉRIENCE III.

VAISSEAU N°. 21.
haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.

POIDS MOTEUR = 30 marcs.
remou central = 7 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	28	42,50	69,00

EXPÉRIENCE IV.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 11 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	25,00	37,00	60,50

EXPÉRIENCE V.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 50 marcs. remou central = 15 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	22,50	34,00	55,00

EXPÉRIENCE VI.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig. | POIDS MOTEUR = 60 marcs. remou central = 20 lig.

Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	21,00	30,55	50,00

EXPÉRIENCE VII.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.		POIDS MOTEUR = 70 marcs. remou central = 23 lig.	
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	20,00	26,00	46,00

EXPÉRIENCE VIII.

N°. 22.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.		POIDS MOTEUR = 16 marcs. remou central = 3 lig.	
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	32,00	50,00	80,00

EXPÉRIENCE IX.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. 5 ½ lig.		POIDS MOTEUR = 24 marcs. remou central = 7 lig. remou latéral = 3 lig.	
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	26,00	39,90	65,40

EXPÉRIENCE X.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 12 lig. remou latéral = 6 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	23,40	34,70	57,00

EXPÉRIENCE XI.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	22,00	31,00	51,00

EXPÉRIENCE XII.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. $5\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 22 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	19,25	29,35	47,50

EXPÉRIENCE XIII.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 56 marcs. remou central = 25 lig.	
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	18,10	28,45	45,00

EXPÉRIENCE XIV.

VAISSEAU N°. 22. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 64 marcs. remou central = 28 lig.	
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	16,15	27,10	42,65

EXPÉRIENCE XV.

N°. 21.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.		POIDS MOTEUR = 32 marcs. remou central = 6 lig.	
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	28,50	41,00	67,00

EXPÉRIENCE

EXPÉRIENCE XVI.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 40 marcs. remou central = 12 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvem. en demi-secon.	0	25,50	37,15	61,00

EXPÉRIENCE XVII.

VAISSEAU N°. 21. haut. de la flot. = 12 po. 5 $\frac{1}{2}$ lig.	POIDS MOTEUR = 48 marcs. remou central = 18 lig.			
Nombre de pieds parcourus.	0	20	30	50
Tems du mouvement en demi-secondes.	0	23,50	33,52	55,52



CHAPITRE V.

Comparaiſon de la théorie ordinaire de la Réſiſtance des fluides indéfinis, avec l'expérience.

1. TOUTE théorie qu'on veut appliquer à la pratique, doit être ſimple dans ſes principes. Ce caractère ſe trouve dans celle qu'on a donnée dès le ſiècle dernier, de la Réſiſtance des fluides indéfinis, & que MM. Jacques Bernoulli, Jean Bernoulli, Daniel Bernoulli, Euler, Bouguer, &c, ont employée dans une foule d'excellents Ouvrages. Ainſi, il eſt à propos d'examiner, par la voie de l'expérience, ſi on peut la regarder en général comme vraie, s'il faut la modifier, ou la proſcrire entièrement.

2. SUIVANT cette théorie, un corps de figure quelconque, qui ſe meut dans un fluide avec différentes viteſſes, éprouve des réſiſtances proportionnelles aux quarrés de ces viteſſes; ſi pluſieurs plans frappent perpendiculairement un fluide avec la même viteſſe, ils éprouvent des réſiſtances proportionnelles à leurs étendues ou ſurfaces; un plan qui étant mu parallélement à lui-même, avec une même viteſſe, frappe ſucceſſivement un fluide ſous différentes obliquités,

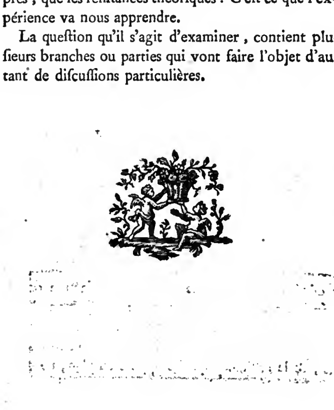
éprouve, dans le ſens de la perpendiculaire, une réſiſtance qui varie en même raiſon que le quarré du ſinus de l'angle d'incidence du fluide ſur le plan. D'après ces rapports généraux, non-ſeulement on peut comparer entr'elles, dans tous les cas poſſibles, les réſiſtances qu'éprouvent les ſurfaces planes, mais encore les réſiſtances des ſurfaces courbes, en conſidérant les éléments de ces ſurfaces comme des plans, & prenant la ſomme des impulſions élémentaires.

Quant à la meſure abſolue de la réſiſtance, les Auteurs la donnent diverſement. Les uns prétendent que la réſiſtance perpendiculaire d'un plan eſt égale au poids d'une colonne fluide qui auroit pour baſe ce plan, & pour hauteur, la hauteur due à la viteſſe avec laquelle il eſt frappé. Les autres font la réſiſtance double de la même colonne.

3. Il s'eſt élevé des doutes légitimes ſur l'exactitude de cette théorie : car elle ſuppoſe que chaque molécule fluide frappe le plan comme ſi elle étoit un corps iſolé & libre; ſuppoſition qui n'eſt pas conforme à la nature. En effet, chaque tranche qui s'applique contre le plan, eſt ſuivie par une ſeconde tranche, celle-ci par une troiſième, &c. Or la première ne pouvant ni s'anéantir, ni s'écouler en un inſtant par les côtés, elle empêche ou dénature l'action de la ſeconde, celle-ci trouble pareillement l'action de la troiſième, &c. Ainſi la colonne fluide appuyée contre le plan, doit s'élargir par ce bout en toutes ſortes de ſens; & la réſiſtance qu'elle oppoſe au plan, ne doit

pas être la même que si chaque tranche élémentaire, après avoir donné son coup, étoit subitement anéantie pour permettre à la tranche suivante de donner aussi le sien. Il ne faut donc pas calculer la résistance comme si le plan recevoit immédiatement, & dans toute son intensité, le choc de tous les points fluides qui viennent le couvrir successivement. Mais ne pourroit-il pas se faire que les résistances de différents plans fussent semblablement dénaturées, & que les résistances effectives suivissent entr'elles la même loi, du moins à peu près, que les résistances théoriques? C'est ce que l'expérience va nous apprendre.

La question qu'il s'agit d'examiner, contient plusieurs branches ou parties qui vont faire l'objet d'autant de discussions particulières.



SECTION I.

Les Résistances qu'éprouve une même surface mue avec différentes vitesses, suivent-elles la raison des quarrés des vitesses?

4. Le poids P (Pl. I, Fig. 1) partant du repos, Pl. I, Fig. 1. & descendant par sa pesanteur, met en mouvement la masse du bateau, celle de la corde, surmonte le frottement, la résistance de l'eau, & celle que la partie du bateau, extérieure à l'eau, éprouve en frappant l'air. Je comprens dans la masse du bateau, celle du lest qui sert à le faire enfoncer, ou à lui faire prendre la flottaison convenable. Dans les premiers instants, le mouvement s'accélère; & tant que cette accélération a lieu, le poids moteur combat non-seulement le frottement & les résistances de l'eau & de l'air, mais encore l'inertie des masses du bateau & de la corde. La durée de l'accélération n'est pas longue; bientôt le mouvement devient uniforme, du moins sensiblement. Alors le mouvement imprimé à la masse du bateau & à celle de la corde, se perpétue par lui-même; & le poids moteur n'a plus à vaincre à chaque instant que le frottement, la résistance de l'eau, & celle de l'air. On ne doit donc avoir égard à la masse du bateau & à celle de la corde, que relativement à l'accélération

du mouvement. Ces maſſes n'entrent pour rien dans les rapports des poids moteurs, lorſque les mouvements ſont parvenus à l'uniformité.

5. CEUX qui, d'après nos Expériences, voudront ſoumettre au calcul l'accélération du mouvement, ont toutes les données néceſſaires pour réſoudre ce Problême. Car la maſſe du bateau eſt égale à celle de l'eau qu'il déplace ; & celle-ci ſe connoît facilement d'après les dimenſions de chaque bateau, & la quantité dont il s'enfonce dans le fluide. Nous avons dit (Chap. I, N°. 6) que le cordon peſe 28 onces 7 gros $\frac{1}{2}$ ſur $39\frac{1}{2}$ toiſes de longueur ; mais comme cette peſée a été faite avant que le cordon eût ſervi, & eût par conſéquent été allongé par l'action des poids employés dans nos Expériences ; nous eſtimons, qu'eu égard à cet allongement qui eſt conſidérable, la partie du cordon tendu, depuis le bateau juſqu'au poids moteur, laquelle eſt de 152 pieds de longueur, peut peſer 12 à 13 onces. Le frottement, la réſiſtance de l'eau, & celle de l'air, ſe détermineront ſuivant la théorie qu'on jugera la plus conforme à la nature de ces forces. On pourra comparer les réſultats qu'on trouvera ainſi, avec l'Expérience, puiſque nous avons eu ſoin de commencer à compter les eſpaces & les tems avant que l'accélération ait ceſſé, & d'indiquer que le bateau a déja parcouru 16 pieds depuis zero de viteſſe, lorſqu'il arrive au point auquel répondent, dans nos Tableaux, zero d'eſpace & zero de tems.

6. NOUS nous contentons d'indiquer ces calculs qui

ne font, à proprement parler, qu'un objet de curiosité. La vraie queſtion, celle qui nous occupe, eſt de déterminer la réſiſtance de l'eau, lorſque le mouvement du bateau eſt uniforme. Or il eſt ſenſiblement tel ſur les 30 derniers pieds de l'eſpace parcouru; ou du moins, s'il y a encore quelque accélération, elle eſt comme indéterminable par des expériences où il entre d'autres petits éléments, tels que le frottement & la réſiſtance de l'air, qui peuvent produire des équations comparables avec celles qui dépendroient de l'accélération. Ainſi nous ne pouvons pas nous tromper, du moins ſenſiblement, en regardant le mouvement du bateau comme uniforme, ſur les 20 derniers pieds de l'eſpace qu'il parcourt. Dans les ſept dernières Expériences, qui ſe rapportent au bateau N°. 20, nous regardons, comme uniforme, le mouvement ſur les 25 derniers pieds. Il eſt vrai que ſi on compare le tems employé à parcourir ces 25 pieds, avec celui qui a été employé à parcourir les 25 premiers pieds, on trouvera que le premier tems eſt un peu plus court que le ſecond; d'où l'on pourroit inférer qu'il y a encore une accélération réelle ſur les 25 derniers pieds. Mais il faut remarquer que dans ces Expériences, le poids moteur eſt toujours aſſez petit; que la partie du cordon, compriſe entre le bateau & la poulie inférieure, fait un ventre qui s'oppoſe à l'uniformité du mouvement; que ce ventre eſt d'autant plus ſenſible, que le poids moteur eſt plus petit, & le cordon plus long; que peu-à-peu il diminue juſqu'à diſparoître preſqu'entièrement; que cette diſparition

ou diminution de ventre a lieu ſur les 25 derniers pieds, & que, par conſéquent, ils doivent être parcourus uniformément, du moins à-peu-près; ce qui ſuffit pour l'exactitude des conſéquences que nous tirons de cette hypothèſe.

7. DANS les mouvements naiſſants, on regarde, pour l'ordinaire, le frottement comme proportionnel, du moins à-peu-près, à la preſſion. Nous avons reconnu directement la vérité de cette loi; & nous donnerons ci-deſſous les Expériences que nous avons faites à cet égard, lorſqu'il s'agira de déterminer la valeur abſolue de la réſiſtance d'une ſurface. La même loi doit avoir ſenſiblement lieu pour les mouvements uniformes comparés enſemble; du moins, lorſqu'il n'y a pas une grande différence entre les viteſſes. Car, ſi d'un côté, il y a d'autant plus de points qui frottent, que la viteſſe eſt plus grande; d'un autre côté, une plus grande viteſſe donne moins de tems à la preſſion de produire l'engrenage réciproque des pointes & des cavités dans les ſurfaces frottantes, ce qui tend à diminuer le frottement; de manière qu'il y a une eſpèce de compenſation ou d'équilibre entre la cauſe qui tend à augmenter le frottement, & celle qui tend à le diminuer. Nous ſuppoſerons donc que le mouvement étant cenſé uniforme, le frottement eſt ſimplement proportionnel à la preſſion. Alors les poids moteurs, diminués des effets des frottements, ſont entr'eux comme les poids non diminués, puiſqu'on a la proportion $P - \frac{P}{m} : P' - \frac{P'}{m} :: P : P'$. On voit

que le nombre m, conſtant ou ſenſiblement tel, exprime le rapport de la preſſion au frottement, tandis que P ou P' repréſente la preſſion abſolue.

Nous négligeons ici la réſiſtance de l'air, comme extrêmement petite par rapport à celle de l'eau; mais nous y aurons égard ci-deſſous (Sect. IV), lorſqu'il s'agira d'évaluer la réſiſtance abſolue de l'eau.

Il y a bien auſſi un petit frottement le long des parois & du fond du vaiſſeau; mais nous verrons (mêm. Sect. IV), qu'il eſt comme inaſſignable.

8. D'APRÈS toutes ces obſervations, on a calculé les deux Tables ſuivantes. Dans chacune d'elles, la première colonne indique les bateaux qui ont couru; la ſeconde, les numéros des Expériences; la troiſième contient les tems (exprimés en demi-ſecondes) employés à parcourir les 20 ou les 25 derniers pieds; la quatrième colonne contient les poids (exprimés en marcs) qui repréſentent les rapports des réſiſtances ſuivant la théorie; en ſorte que pour chaque bateau, il y a un poids qui eſt donné par l'expérience, & qui ſert enſuite d'unité ou de baſe pour déterminer tous les autres, dans l'hypothèſe que les réſiſtances ſoient comme les quarrés des viteſſes. Enfin la cinquième colonne indique les poids qui expriment réellement pour chaque bateau les rapports des réſiſtances ſuivant l'expérience.



TABLE I. (CHAP. II.)

Rapports des Résistances suivant la théorie & suivant l'expérience, pour une même surface mue avec différentes vitesses, dans un Fluide indéfini.

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 1.	1	17,08	12...base.	12
	2	15,90	13,84	14
	3	14,84	15,89	16
	4	14,00	17,86	18
	5	13,50	19,21	20
	6	12,75	21,53	22
	7	12,45	22,58	24
N°. 2.	8	21,11	16,16	16
	9	18,92	20,11	20
	10	17,32	24...base.	24
	11	16,12	27,70	28
	12	15,12	31,49	32
	13	14,19	35,75	36
	14	13,68	38,47	40
	15	13,25	41,01	44
	16	12,59	45,42	48

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
	17	20,05	10,10	10
	18	18,39	12...bafe.	12
	19	17,37	13,45	14
	20	16,32	15,24	16
	21	15,30	17,34	18
N°. 3. 1ᵉ flottaif.	22	14,50	19,30	20
	23	14,00	20,71	22
	24	13,47	22,37	24
	25	12,96	24,16	27
	26	12,50	25,97	30
	27	11,32	31,67	36
	28	24,45	10,03	10
	29	22,35	12 ..bafe.	12
	30	21,35	13,15	14
	31	19,72	15,41	16
	32	18,50	17,51	18
	33	17,90	18,71	19
	34	17,60	19,35	20
N°. 3. 2ᵉ flottaif.	35	17,19	20,28	22
	36	16,29	22,59	24
	37	15,80	24,01	25
	38	15,50	24,95	26
	39	14,88	27,07	28
	40	14,19	29,77	30
	41	13,80	31,48	32
	42	13,35	33,63	35
	43	13,00	35,47	38

Vaisseaux.	Expérienc.	Tems en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	Marcs calculés.	Marcs éprouvés.
N°. 3. 3ᵉ flottaif.	44	19,60	20...base.	20
	45	18,07	23,53	24
	46	16,88	26,96	28
	47	15,88	30,47	32
	48	14,69	35,60	36
	49	14,00	39,20	40
	50	13,67	41,13	44
	51	13,25	43,77	48
N°. 4.	52	19,85	16.. base.	16
	53	17,84	19,81	20
	54	16,41	23,41	24
	55	15,70	25,58	28
N°. 6. 1ʳᵉ flottaif.	56	25,00	8,71	8
	57	22,28	10,97	10
	58	21,30	12 ..base.	12
	59	20,16	13,40	14
	60	18,83	15,35	16
	61	16,81	19,27	20
	62	15,23	23,47	24
	63	13,87	28,30	30
	64	12,54	34,62	36
	65	11,31	42,56	44
N°. 6. 2ᵉ flottaif.	66	27,66	8,66	8
	67	25,14	10,49	10
	68	23,50	12...base.	12
	69	22,15	13,51	14
	70	20,75	15,39	16
	71	18,42	19,53	20
	72	16,69	23,79	24
	73	15,25	28,49	30
	74	13,75	35,05	36

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 7.	75	11,88	10,29	10
	76	11,00	12...bafe.	12
	77	10,50	13,17	14
	78	10,00	14,52	16
	79	9,36	16,57	18
	80	9,13	17,42	20
	81	9,00	17,93	22
	82	8,90	18,33	24
N°. 8.	83	21,08	12...bafe.	12
	84	20,00	13,33	14
	85	19,30	14,32	16
	86	17,40	17,61	20
	87	15,00	23,70	24
	88	14,50	25,36	28
	89	13,44	29,52	32
	90	12,75	32,80	36
N°. 9.	91	18,00	12...bafe.	12
	92	16,00	15,19	16
	93	14,56	18,34	20
	94	13,06	22,79	24
	95	12,00	27,00	28
	96	11,60	28,89	32
N°. 10.	97	18,00	9,65	10
	98	16,14	12...bafe.	12
	99	15,00	13,89	14
	100	14,00	15,95	16
	101	13,06	18,33	20
	102	11,98	24,78	24
	103	11,00	25,83	28
	104	10,30	29,47	32

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 11.	105	15,86	11,22	10
	106	15,34	12 ..bafe.	12
	107	14,40	13,62	14
	108	13,80	14,83	16
	109	11,95	19,77	20
	110	11,30	22,11	24
	111	10,30	26,61	28
	112	10,00	28,24	32
N°. 12.	113	15,80	10,11	10
	114	14,50	12...bafe.	12
	115	13,60	13,64	14
	116	12,87	15,23	16
	117	12,20	16,95	20
	118	11,13	20,37	24
	119	10,25	24,01	28
	120	9,60	27,37	32
N°. 13. 1re flottaif.	121	15,60	10,18	10
	122	14,37	12...bafe.	12
	123	13,57	13,45	14
	124	12,60	15,61	16
	125	12,25	16,51	18
	126	11,55	18,57	20
N°. 13. 2e flottaif.	127	18,90	10,17	10
	128	17,40	12...bafe.	12
	129	16,42	13,16	14
	130	15,54	15,04	16
	131	14,77	16,65	18
	132	14,10	18,27	20
	133	13,50	19,94	22
	134	12,93	21,73	24
	135	12,40	23,63	26
	136	11,92	25,57	28
	137	11,46	27,66	30

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 13. 3ᵉ flottaif.	138	21,90	10,06	10
	139	20,05	12...bafe.	12
	140	18,88	13,53	14
	141	17,88	15,09	16
	142	16,98	16,73	18
	143	16,18	18,43	20
	144	15,43	20,26	22
	145	14,73	22,24	24
N°. 14. 1ᵉ flottaif.	146	13,00	10,22	10
	147	12,00	12...bafe.	12
	148	11,20	13,77	14
	149	10,60	15,38	16
	150	10,15	16,77	18
	151	9,84	17,85	20
	152	9,68	18,44	22
	153	9,56	18,91	24
N°. 14. 2ᵉ flottaif.	154	16,72	10,11	10
	155	15,35	12 ..bafe.	12
	156	14,45	13,54	14
	157	13,55	15,40	16
	158	12,72	17,47	18
	159	11,98	19,70	20
	160	11,29	22,18	24
	161	10,69	24,74	28
	162	10,11	27,66	30
N°. 14. 3ᵉ flottaif.	163	17,88	10,10	10
	164	16,40	12...bafe.	12
	165	15,50	13,43	14
	166	14,65	15,04	16
	167	13,85	16,82	18
	168	13,12	18,75	20

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 15.	169	15,78	16...base.	16
	170	14,42	19,16	20
	171	13,32	22,45	24
	172	12,36	26,07	28
N°. 16.	173	15,08	12...base.	12
	174	13,45	15,08	16
	175	12,05	18,79	20
	176	10,95	22,75	24
N°. 17.	177	25,80	12 ..base.	12
	178	22,87	15,27	16
	179	20,87	18,34	20
	180	18,97	22,19	24
N°. 18.	181	23,50	12...base.	12
	182	20,90	15,18	16
	183	18,90	18,56	20
	184	17,10	22,66	24
N°. 19. 1e flottaiſ.	185	13,25	12...base.	12
	186	12,00	14,63	16
	187	10,84	17,93	20
	188	10,07	20,78	24
N°. 19. 2e flottaiſ.	189	16,00	12...base.	12
	190	14,13	15,39	16
	191	12,80	18,75	20
	192	11,57	22,95	24

VAISSEAUX.

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 19.	193	18,19	12...bafe.	12
3[e] flottaif.	194	16,30	14,95	16

VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi fecon. fur les 25 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 20. 1[re] flottaif.	195	15,15	7,45	6
	196	13,18	9,86	8
	197	12,45	11,03	10
	198	11,94	12...bafe.	12
N°. 20. 2[e] flottaif.	199	15,98	8,88	8
	200	14,61	10,62	10
	201	13,75	12...bafe.	12



TABLE II. (CHAP. IV.)

Rapports des Résistances suivant la théorie & suivant l'expérience, pour une même surface mue avec différentes vitesses, dans un Fluide indéfini.

Vaisseaux.	Expérienc.	Tems en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	Marcs calculés.	Marcs éprouvés.
N°. 21.	1	36,00	16...base.	16
	2	32,50	19,63	20
	3	26,50	29,53	30
	4	23,50	37,54	40
	5	21,00	47,02	50
	6	19,45	54,81	60
	7	18,00	64,00	70
N°. 22.	8	30,00	16...base.	16
	9	25,50	22,15	24
	10	22,30	28,96	32
	11	20,00	36,00	40
	12	18,15	43,72	48
	13	16,55	52,57	56
	14	15,55	59,55	64

Réflexion.

9. On voit par les deux Tables précédentes, que les résistances d'une même surface, mue avec différentes vitesses, dans un fluide indéfini, suivent à-peu-près, la raison des quarrés des vitesses. Cette loi s'observe tant pour la résistance directe, que pour les résistances qui proviennent des chocs obliques. Mais il faut remarquer qu'à la rigueur la résistance augmente en plus grand rapport que le quarré de la vitesse. La raison physique de cette augmentation de rapport est facile à trouver: car aussitôt que le corps flottant vient à se mouvoir, le fluide est obligé de se diviser, & de céder pour lui faire place. Or l'eau ne peut pas se prêter, dans un instant indivisible, au mouvement du bateau. Dans le commencement de ce mouvement, la vitesse s'accélère par degrés. Tant qu'elle est fort petite, l'eau se détourne facilement, & coule le long des parois du corps flottant; de manière que le fluide demeure de niveau, au moins sensiblement, de l'avant à l'arrière du corps dont il s'agit. Mais à mesure que la vitesse augmente, le fluide a plus de peine à se détourner; il s'amoncèle au-devant de la proue; il y forme une espèce de proue fluide qui a plus ou moins d'étendue, selon que la vitesse est plus ou moins grande, & que la proue solide a plus ou moins de largeur. De plus, le fluide s'abaisse vers la partie postérieure du bateau. Ce double effet est d'autant plus sensible, toutes choses d'ailleurs égales, que la vitesse

est plus grande. Ainsi l'augmentation de vitesse doit faire augmenter la résistance que le bateau éprouve à diviser le fluide.

Il en est de même pour la résistance des corps qui se meuvent dans des fluides où ils sont entièrement submergés. Ainsi, par exemple, la résistance qu'éprouve un boulet de canon à fendre l'air, doit augmenter en plus grande raison que le quarré de sa vitesse. En effet, plus le boulet va vîte, plus l'air déplacé par la partie antérieure, a de difficulté à couler par les côtés, & à venir remplir le vuide qui se forme à chaque instant vers la partie postérieure.

SECTION II.

Les Résistances directes ou perpendiculaires, suivent-elles, sous même vitesse, la raison des surfaces?

10. SOIENT P & P' les résistances perpendiculaires, absolues ou comparatives, de deux plans A & B qui se meuvent avec les vitesses uniformes V & u. On a, suivant la théorie, $P:P'::AV^2:Bu^2$. Or, en supposant que les vitesses V & u différent peu l'une de l'autre; il suit de l'article précédent, que le rapport de V^2 à u^2 peut être censé entrer exactement dans celui des résistances. Par conséquent, selon qu'on trouvera alors,

par l'expérience, que la proportion $P : P' :: AV^2 : Bu^2$, a lieu ou non; on conclura que ſous une même viteſſe, les plans A & B éprouveroient des réſiſtances proportionnelles ou non proportionnelles à leurs étendues.

11. IL eſt à propos de diſtinguer deux cas dans cette recherche : le premier, lorſque les deux plans choqués par le fluide, y ſont enfoncés également; le ſecond, lorſque les enfoncements ſont différents. Car il peut ſe faire que la loi de la réſiſtance ne ſoit pas exactement la même pour deux plans qui différent en largeur, que pour deux plans qui différent en hauteur.

I. CAS. *Enfoncements égaux, au moins ſenſiblement.*

12. NOUS allons comparer la réſiſtance du vaiſſeau N°. 1, avec celles du vaiſſeau N°. 2, & du vaiſſeau N°. 3, 2e flottaiſon. On a choiſi des Expériences où les deux viteſſes V & u, toujours priſes ſur les 20 derniers pieds de l'eſpace parcouru, différent peu l'une de l'autre dans tous les cas. De plus les enfoncements des vaiſſeaux Nos 1 & 2, ſont les mêmes, étant chacun de 1 pied; les ſurfaces choquées différent ſeulement par les largeurs, la première étant la moitié de la ſeconde. Quant aux enfoncements des vaiſſeaux N°. 1 & N°. 3, 2e flottaiſon, ils différent un peu, le premier étant de 12 pouces, le ſecond, de 12 pouces $5\frac{1}{2}$ lignes; les largeurs des ſurfaces choquées ſont entr'elles dans le rapport de 144 à 236, & par conſéquent les ſurfaces ſont entr'elles dans le

rapport de 1 à 1,7015 à-peu-près. On sent que la différence des enfoncements des vaisseaux N°. 1 & N°. 3, 2e flottaison, est trop petite, pour introduire dans le rapport des résistances, des variations sensibles, supposé qu'en effet la résistance d'un plan varie, toutes choses d'ailleurs égales, à raison de son enfoncement plus ou moins grand dans le fluide.

13. D'APRÈS ce que nous venons de dire, voici une Table construite sur les Expériences du Chapitre II, & dans laquelle la première colonne contient les Nos des vaisseaux comparés ; la seconde, les Nos des Expériences correspondantes ; la troisième, les poids (exprimés en marcs) qui devroient être employés à mouvoir le bateau qui est nommé le second, en supposant que les poids employés à mouvoir le bateau, nommé le premier, ayent été déterminés par l'Expérience, & qu'on ait la proportion $P : P' :: AV^2 : Bu^2$; la quatrième colonne contient les poids qui ont été réellement employés à mouvoir le second bateau.



Rapports des résistances directes, pour des surfaces enfoncées également, du moins à-peu-près, dans le Fluide.

VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENC. comparées.	TEMS comparés, sur les 20 derniers pieds, en demi-secondes.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
Nos. 1 & 2.	1 & 10	17,08 17,32	23,33	24
	2 & 11	15,90 16,12	27,24	28
	3 & 12	14,84 15,12	30,83	32
	4 & 13	14,00 14,19	35,04	36
	5 & 14	13,50 13,68	38,95	40
	6 & 15	12,75 13,25	40,74	44
	7 & 16	12,45 12,59	46,93	48
No. 1, & No. 2, 2e flottaison.	1 & 35	17,08 17,19	20,15	22
	2 & 37	15,90 15,80	24,12	25
	3 & 39	14,84 14,88	27,08	28
	4 & 40	14,00 14,19	29,81	30
	5 & 41	13,50 13,80	32,56	32
	6 & 43	12,75 13,00	36,01	38

RÉFLEXIONS.

14. CETTE Table fait voir que pour des surfaces également enfoncées dans le fluide, & qui ne diffèrent que par les largeurs, la résistance, sous même vitesse, est sensiblement proportionnelle à l'étendue de la surface qui est plongée dans l'eau au premier instant du mouvement. Nous disons *sensiblement*; car la résistance augmente dans une raison un peu plus grande que n'augmente l'étendue de la surface. On sent que la chose doit être ainsi; car plus la surface est grande, plus l'eau qu'elle pousse continuellement devant elle a de peine à se détourner & à se remettre de niveau avec le reste du fluide.

15. NOUS avons déja observé qu'en même tems que le fluide s'élève au devant de la proue du vaisseau, il s'abaisse vers sa partie postérieure. Il y a donc, de l'avant à l'arrière du bateau, une différence de niveau du fluide, laquelle est produite par deux causes, par l'élévation de l'eau au-devant de la proue, & par son abaissement vers la poupe. Si l'on connoissoit le rapport de l'élévation à l'abaissement, on connoîtroit la surface que le corps doit être censé présenter à l'action du fluide; & par-là on seroit en état de décider si, toutes choses d'ailleurs égales, les résistances suivent la raison des surfaces. Mais ce rapport est comme indéterminable à la rigueur; il dépend de l'étendue de la proue, de sa figure, de celle de la poupe, de la longueur du vaisseau, de sa forme postérieure, & sur-tout de sa vitesse. Tous ces éléments se compliquent en-

tr'eux de telle manière, qu'il est très-difficile d'observer exactement l'effet qui en résulte, & de soumettre ensuite au calcul la loi de ses variations. Nous voyons seulement en général, & on l'a en effet ainsi observé, que l'abaissement peut être tout au plus égal à l'élévation, & qu'il doit être ordinairement moindre.

16. SUPPOSONS, par exemple, dans les Expériences de la Table précédente, que l'abaissement soit les deux tiers de l'élévation. Il est clair que relativement à la résistance du fluide, le bateau est dans le même cas que si le remou à l'avant étoit les cinq tiers de celui qui a été observé, & que l'eau s'élevât vers la poupe jusqu'à la ligne primitive de flottaison. Si l'on considère donc les hauteurs des remous ainsi corrigés comme faisant partie des hauteurs des surfaces présentées au choc ou à la pression du fluide; on formera la Table qui suit, laquelle n'est autre chose que la précédente où nous avons supprimé la colonne des tems, & où nous avons ajouté une colonne des résistances calculées en ayant égard aux remous. Il y a dans cette colonne, trois lacunes, faute de quelques observations pour les remous.

Nous ne donnons les calculs dont il s'agit, & les autres de même nature, que comme hypothétiques. Néanmoins les éléments sur lesquels ils sont fondés, ne doivent pas s'éloigner beaucoup de la vérité.



VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENC. comparées.	MARCS calculés, sans égard aux remous.	MARCS calculés, eu égard aux remous.	MARCS éprouvés.
Nos. 1 & 2.	1 & 10	23,33	24,19	24
	2 & 11	27,24	28,23	28
	3 & 12	30,83	31,76	32
	4 & 13	35,04	.....	36
	5 & 14	38,95	39,73	40
	6 & 15	40,74	41,54	44
	7 & 16	46,93	.....	48
No. 1, & No. 3, 2e flottaison.	1 & 35	20,15	19,69	22
	2 & 37	24,12	23,77	25
	3 & 39	27,08	26,93	28
	4 & 40	29,81	.....	30
	5 & 41	32,56	31,05	32
	6 & 43	36,01	35,52	38

RÉFLEXION.

17. ON voit, par la première partie de la Table précédente, qu'en évaluant le remou de la manière que nous avons propofée, les réfiftances calculées approchent beaucoup des réfiftances trouvées par l'expérience. L'accord feroit encore plus parfait, fi l'on fuppofoit que l'abaiffement de l'eau derrière la proue, eft les trois quarts de fon élévation au-devant de la proue. La feconde partie de notre Table ne donne pas tout-à-fait les mêmes réfultats ; mais fi l'on fait attention qu'il eft très-facile de fe tromper de plufieurs

lignes dans l'obſervation du remou, & que cette différence de niveau varie par la forme des vaiſſeaux, la viteſſe étant d'ailleurs la même, au moins ſenſiblement; on ſera porté à croire que les remous étant eſtimés & introduits dans le calcul, de la manière convenable, les réſiſtances peuvent être cenſées proportionnelles aux ſurfaces. Cette proportionnalité doit avoir lieu, du moins à très-peu de choſe près, pour les corps entièrement ſubmergés. Mais il faut bien obſerver que les remous étant ſur-tout dépendants des viteſſes, la raiſon des réſiſtances s'éloignera de celle des ſurfaces, s'il y a entre les viteſſes des différences un peu conſidérables.

On évaluera ci-deſſous l'effet de la réſiſtance de l'air.

II. CAS. *Enfoncements inégaux dans le fluide.*

18. LE vaiſſeau N°. 3, par ſes trois lignes de flottaiſon, nous donne trois ſurfaces qui ont la même largeur, & qui ne différent que par les profondeurs. Ces trois ſurfaces enfoncées dans le fluide, ſont entr'elles comme les nombres 940, 1495, 1900. Nous avons calculé le rapport des réſiſtances qu'elles éprouvent, comme on le voit dans la Table ſuivante, laquelle eſt conſtruite de la même manière que celle du numero 13. Dans chaque comparaiſon, les deux viteſſes différent peu l'une de l'autre.

❦

Rapports des Résistances directes, pour des surfaces inégalement enfoncées dans le Fluide.

VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENC. comparées.	TEMS correspondants sur les 20 dern. pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
N°. 3, 1re & 3e flot.	17 & 44	20,05 / 19,60	21,15	20
	18 & 45	18,39 / 18,07	25,12	24
	19 & 46	17,37 / 16,88	29,96	28
	20 & 47	16,32 / 15,88	34,15	32
	21 & 48	15,30 / 14,69	39,47	36
	22 & 49	14,50 / 14,00	43,37	40
	23 & 50	14,00 / 13,67	46,64	44
	24 & 51	13,47 / 13,25	50,24	48
N°. 3, 1re & 2e flot.	17 & 31	20,05 / 19,72	16,44	16
	18 & 32	18,39 / 18,50	18,86	18
	19 & 34	17,37 / 17,60	21,69	20
	20 & 36	16,32 / 16,29	25,54	24
	21 & 38	15,30 / 15,50	27,89	26
	22 & 39	14,50 / 14,88	30,20	28
	23 & 40	14,00 / 14,19	34,06	30
	24 & 41	13,47 / 13,80	36,37	32

RÉFLEXIONS.

19. CETTE Table fait voir que les résistances des surfaces inégalement enfoncées dans le fluide, suivent un ordre opposé à celui des résistances des surfaces également enfoncées. Pour celles-ci, la vitesse étant la même, la résistance augmente en plus grande raison que la surface primitivement enfoncée dans le fluide; pour celles-là, il arrive tout le contraire. D'où nous devons conclure, qu'en ayant simplement égard à la surface présentée au choc du fluide, & tout étant d'ailleurs le même, les corps entièrement submergés doivent éprouver une résistance un peu moindre que celles des corps qui ne le sont qu'en partie.

20. COMME on a employé un même bateau dans les Expériences de la Table précédente, & qu'on a seulement fait varier ses enfoncements dans le fluide; il paroît que sous même vitesse, le remou doit être le même, au moins sensiblement; car la cause efficace & prochaine du remou est à la surface du fluide. C'est ce qui a été en effet observé. Il y a cependant des différences dans certaines Expériences correspondantes; mais elles peuvent être attribuées sans peine aux erreurs des observations. Alors il faut prendre un milieu entre les hauteurs des remous. Nous avons fait une telle réduction dans la Table suivante qui n'est autre chose que celle du numero 18, où l'on a supprimé la colonne des tems, & où l'on a ajouté les résistances calculées en ayant égard à l'élévation de l'eau au-devant de la proue, & à son abaissement

derrière la proue. On suppose que l'abaissement soit environ les deux tiers de l'élévation ; & par-là on estime que la différence de niveau de l'avant à l'arrière est

pour les Expériences 17, 44, 31 . . . . 26 lig.
pour les Expériences 18, 45, 32 30
pour les Expériences 19, 46, 34 34
pour les Expériences 20, 47, 36 38
pour les Expériences 21, 48, 38 43
pour les Expériences 22, 49, 39 48
pour les Expériences 23, 50, 40 53
pour les Expériences 24, 51, 41 58

VAISSEAUX comparés.	EXPÉRIENCES comparées.	MARCS calculés, sans égard aux remous.	MARCS calculés, eu égard aux remous.	MARCS éprouvés.
N°. 3, 1re & 3e ligne de flottaif.	17 & 44	21,15	18,84	20
	18 & 45	25,12	22,05	24
	19 & 46	29,96	25,95	28
	20 & 47	34,15	29,09	32
	21 & 48	39,47	33,21	36
	22 & 49	43,37	35,96	40
	23 & 50	46,64	38,15	44
	24 & 51	50,24	40,56	48
N°. 3, 1re & 2e ligne de flottaif.	17 & 31	16,44	15,12	16
	18 & 32	18,86	17,17	18
	19 & 34	21,69	19,55	20
	20 & 36	25,54	22,81	24
	21 & 38	27,89	24,64	26
	22 & 39	30,20	26,41	28
	23 & 40	34,06	29,50	30
	24 & 41	36,37	31,22	32

RÉFLEXION.

21. ON voit dans cette Table, que la dernière colonne tient une eſpèce de milieu entre les deux précédentes, & que par conſéquent la conſidération des remous peut ſervir encore ici à ramener les réſultats de l'expérience à ceux de la théorie. La conformité entre ces deux ſortes de réſultats, pourroit devenir plus grande par le choix d'un autre rapport entre l'élévation de l'eau au-devant de la proue, & ſon abaiſſement derrière la poupe. Mais nous ne nous arrêterons pas davantage à ces calculs, qui ſont extrêmement hypothétiques; car il ſera toujours très-difficile, pour ne pas dire impoſſible, de fixer exactement, dans tous les cas, le rapport dont il s'agit, par la voie des obſervations.

Nous calculerons ci-deſſous l'effet de la réſiſtance de l'air.



SECTION III.

En quel rapport varient les Résistances qui proviennent des chocs obliques?

Planc. V, Fig. M. 22. SOIT ADB (Pl. V, Fig. M.) un triangle isoscèle qui se meut dans un fluide indéfini, selon la direction de sa hauteur QD. La face AD éprouve, suivant la théorie, une impulsion perpendiculaire FE, telle qu'en nommant Π l'impulsion perpendiculaire & directe que recevroit la demi-base AQ, mue avec la même vitesse que le triangle, on a, Force $FE =$

$$\Pi \times \frac{AD \times (\text{sin. } ADQ)^2}{AQ \times (\text{sin. tot.})^2} = \Pi \times \frac{AD \times \overline{AQ}^2}{AQ \times \overline{AD}^2} =$$

$\Pi \times \frac{AQ}{AD}$; & semblablement on a pour l'autre face BD, Force $fe = \Pi \times \frac{BQ}{BD} = \Pi \times \frac{AQ}{AD}$. Décomposons chacune des deux Forces égales FE, fe, en deux autres FH, FK, fh, fk; l'une perpendiculaire, l'autre parallèle à la base AB du triangle. Il est clair que les deux Forces égales, & directement opposées FK, fk, se détruisent, & que le triangle est simplement tiré, selon la direction QD, par une Force $= FH +$

$fh = 2FH = 2FE \times \frac{AQ}{AD} = 2\Pi \times \frac{\overline{AQ}^2}{\overline{AD}^2}$. Ainsi,

des

en nommant p cette Force $2\,FH$, P l'impulſion perpendiculaire & directe que recevroit la baſe entière AB mue avec la même viteſſe que le triangle, on aura

$$p = P \times \frac{\overline{AQ}^2}{\overline{AD}^2}.$$

23. POUR pouvoir comparer facilement cette formule avec l'expérience, nous prendrons (Chap. II), parmi les Expériences compriſes ſous le titre général de *Réſiſtance directe*, & parmi celles qui ſont compriſes ſous le titre général de *Réſiſtance oblique*, deux bateaux qui ayent même largeur & même flottaiſon. De plus, nous déterminerons les deux poids moteurs des deux bateaux, pour une même viteſſe. L'un de ces poids, par exemple, celui qui eſt relatif à la réſiſtance directe, eſt donné immédiatement par l'expérience. L'autre (s'il ne ſe trouve pas dans la Table) ſe calcule au moyen des Expériences pour la réſiſtance oblique, & de cette loi, que les réſiſtances d'un même bateau ſont ſenſiblement proportionnelles aux quarrés des viteſſes, lorſqu'il n'y a pas une grande différence entre les viteſſes.

24. COMPARONS donc, par exemple, le bateau N°. 2 ſucceſſivement avec chacun des bateaux N°ˢ. 8, 9, 10, 11, 12, qui ont même largeur & même flottaiſon que lui.

D'abord, ſuivant l'Expérience 10, le poids moteur P étant 24 marcs, le bateau N°. 2 parcourt uniformément 20 pieds en 17,32 demi-ſecondes. On

trouvera par le moyen de l'Expérience 86, & de la loi citée pour les vitesses, que le poids moteur p du bateau N°. 8, doit être 20,18 marcs, environ, afin que ce bateau parcoure aussi uniformément 20 pieds en 17,32 demi-secondes. Or la formule théorique $p = P \times \frac{\overline{AQ}^2}{\overline{AD}^2}$, donne $p = 19{,}20$ marcs.

En prenant toujours pour base l'Expérience 10, relative au bateau N°. 2; & cherchant successivement, au moyen des Expériences 91, 97, 105, 113, & de la loi des vitesses, les poids moteurs p des bateaux N°s 9, 10, 11, 12, afin que ces bateaux ayent la même vitesse que le bateau N°. 2, on trouvera

N°. 9 . . . . $p = 12{,}96$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 12$ marcs.

N°. 10 . . . . $p = 10{,}80$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 7{,}38$ marcs, environ.

N°. 11 . . . . $p = 8{,}39$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 4{,}80$ marcs.

N°. 12 . . . . $p = 8{,}32$ marcs, environ; selon la théorie, $p = 3{,}31$ marcs, environ.

Comparons encore les deux bateaux, N°s. 1 & 7, qui ont même largeur & même flottaison. Suivant l'Expérience 6, le poids moteur P étant 22 marcs, le bateau N°. 1 parcourt uniformément 20 pieds en 12,75 demi-secondes. On trouvera, par le moyen de l'Expérience 75, & de la loi des vitesses, que le poids moteur p du bateau N°. 7, devroit être 8,68

marcs, environ, afin que ce bateau parcourût auſſi uniformément 20 pieds en 12,75 demi-ſecondes. La formule théorique donne $p = 1,29$ marcs, environ.

25. SANS multiplier davantage ces ſortes de comparaiſons, nous voyons que relativement à la loi du quarré du ſinus de l'angle d'incidence du fluide ſur le plan, la théorie s'éloigne de plus en plus de l'expérience, à meſure que l'angle en queſtion devient plus petit. Les poids moteurs, relatifs aux chocs obliques, ſont toujours plus grands, ſuivant l'expérience, qu'ils ne devroient l'être, ſuivant la théorie. Lorſque l'angle d'incidence eſt un peu grand, comme, par exemple, pour le bateau N°. 8, où il eſt de 63° 28', & même pour le bateau N°. 9, où il eſt de 45°; les réſultats de la théorie ne s'éloignent pas extrêmement de ceux de l'expérience. Mais pour le bateau N°. 10, où l'angle d'incidence eſt de 33° 41'; pour le bateau N°. 11, où il eſt de 26° 34'; pour le bateau N°. 12, où il eſt de 21° 49'; pour le bateau N°. 7, où il eſt de 14° 3': la différence entre les réſultats de l'expérience & ceux de la théorie, devient très-ſenſible, & d'autant plus grande que l'angle d'incidence eſt plus petit. On ne peut donc pas alors employer, dans la pratique, la théorie pour déterminer les réſiſtances ou les percuſſions qui proviennent des chocs obliques. Semblablement la théorie eſt abſolument inſuffiſante pour la détermination des réſiſtances qu'éprouvent les ſurfaces courbes, ſi ce n'eſt pour le

cas très-limité où les surfaces ne présenteroient point de petits angles d'incidence au choc du fluide.

26. DANS la nécessité où nous sommes d'abandonner en général la loi du quarré du sinus de l'angle d'incidence, voyons si on ne pourroit pas substituer à la seconde puissance de ce sinus, quelqu'autre puissance qui satisfît aux phénomènes. Je suppose donc (N°. 22) qu'au lieu de l'équation, Force $FE = \Pi \times \frac{AD \times (\text{sin. } ADQ)^2}{AQ \times (\text{sin. tot.})^2}$, on ait en général, Force $FE = \Pi \times \frac{AD \times (\text{sin. } ADQ)^n}{AQ \times (\text{sin. tot.})^n} = \Pi \times \frac{AD \times \overline{AQ}^n}{AQ \times \overline{AD}^n} = \Pi \times \frac{\overline{AQ}^{n-1}}{\overline{AD}^{n-1}}$; & par conséquent $p = P \times \frac{\overline{AQ}^n}{\overline{AD}^n}$. Cette dernière équation donne $n = \frac{\text{log. } P - \text{log. } p}{\text{log.} AD - \text{log.} AQ}$. Or, par le résultat moyen de cinq applications successives de cette formule à cinq expériences faites avec chacun des six bateaux N°s. 8, 9, 10, 11, 12, 7, & comparées à des expériences faites avec les bateaux N°s. 2 & 1; nous trouvons,

pour le bateau N°. 8 . . . . $n = 1,79$
pour le bateau N°. 9 . . . . $n = 1,59$
pour le bateau N°. 10 . . . . $n = 1,29$
pour le bateau N°. 11 . . . . $n = 1,08$
pour le bateau N°. 12 . . . . $n = 0,92$
pour le bateau N°. 7 . . . . $n = 0,66$.

Cela posé, toutes ces valeurs de n qui devroient être les mêmes, au moins sensiblement, si la formule $p = P \times \frac{\overline{AQ}^n}{\overline{AD}^n}$ pouvoit satisfaire aux phénomènes, étant très-différentes, lorsque les angles d'incidence sont très-différents ; nous concluons qu'on ne peut pas expliquer par la théorie, les résistances qui proviennent des chocs obliques, en introduisant au lieu du quarré, toute autre puissance du sinus de l'angle d'incidence, dans l'expression de la résistance.

La fonction générale du tems, de l'espace, de la surface & du sinus de l'angle d'incidence, propre à représenter la résistance dans tous les cas, est un objet de recherche très-difficile & très-digne de l'attention des Géomètres. Nous pourrons nous occuper de ce Problême, dans un autre tems. Achevons, quant à présent, notre comparaison générale de la théorie ordinaire avec l'expérience.



SECTION IV.

Quelle est la mesure absolue de la Résistance perpendiculaire & directe ?

27. Le mouvement étant supposé uniforme, le poids moteur de chaque bateau fait continuellement équilibre à la résistance de l'eau, au frottement & à la résistance que l'air oppose à la partie du corps flottant, extérieure de l'eau. Je ne dis rien de la résistance que le poids moteur lui-même trouve à fendre l'air, parce qu'elle est toujours très-légère, à raison du petit volume de ce poids. Mais le frottement & la résistance que l'air fait au bateau, doivent être évalués, autant qu'il est possible, & ensuite retranchés du poids moteur donné par l'expérience, afin d'avoir la résistance effective que le bateau éprouve de la part de l'eau. Commençons par le frottement.

28. Nous avons fait suspendre à la poulie supérieure plusieurs paires de poids égaux, au moyen du cordon qui a servi pour nos Expériences. La longueur du cordon compris maintenant entre les deux poids, est de 152 pieds; nous estimons que son poids est de 12 onces. Ensuite nous avons ajouté à l'un des deux poids suspendus, un autre petit poids, simplement suffisant pour rompre l'équilibre. Ce poids additionel est la quantité pour laquelle le frottement entre dans

le poids moteur ; & par conféquent en retranchant le premier poids du fecond, le refte fera la valeur des réfiftances de l'eau & de l'air.

Le raïon de la poulie, augmenté de celui du cordon, eft au raïon du tourillon, à-peu-près dans le rapport de 31 à 2. D'où l'on verra, par la Table fuivante, que le frottement eft environ la cinquième partie de la preffion. Cette détermination du frottement eft pour l'état d'équilibre ; dans l'état de mouvement, le frottement doit être un peu moindre.

Table pour la détermination du frottement.

SOMME des deux poids fufpendus.	SOMME des poids, en y comprenant celui du cordon.		POIDS ajoutés pour vaincre le frottement.	
Marcs.	Marcs.	Onces.	Onces.	Gros.
16	17	4	1	5
20	21	4	2	0
24	25	4	2	4
28	29	4	3	0
32	33	4	3	3
36	37	4	3	7
40	41	4	4	3
44	45	4	4	6
48	49	4	5	2
52	53	4	5	5
56	57	4	6	0

SOMME des deux poids suspendus.	SOMME des poids, en y comprenant celui du cordon.		POIDS ajoutés pour vaincre le frottement.	
Marcs.	Marcs.	Onces.	Onces.	Gros.
60	61	4	6	3
64	65	4	6	6
68	69	4	7	2
72	73	4	7	6
76	77	4	8	2
80	81	4	8	6
84	85	4	9	2
88	89	4	9	6
92	93	4	10	1
96	97	4	10	4
100	101	4	11	0

RÉFLEXION.

29. Il n'est question dans cette Table que du frottement pour la poulie supérieure ; nous devons encore avoir égard au frottement de la poulie inférieure ; mais celui-ci est un peu moindre que l'autre, parce que les deux cordons, pour la poulie inférieure, forment entr'eux un angle droit. Tout considéré, nous estimons que s'il n'y avoit point du tout de frottement, les poids moteurs de nos Expériences devroient être réduits comme il suit :

Pour 6 marcs....ou 48 onces..mettez $46\frac{1}{2}$onc.
pour 8......... 64.......... 62
pour 10......... 80.......... $77\frac{1}{2}$

pour	12 marcs... ou	96 onces.. mettez	93 onc.
pour	14	112	108½
pour	16	128	124
pour	18	144	139½
pour	20	160	155
pour	22	176	170½
pour	24	192	186
pour	26	208	201½
pour	28	224	217
pour	30	240	232½
pour	32	256	248
pour	34	272	263½
pour	36	288	279
pour	38	304	294½
pour	40	320	310
pour	42	336	325½
pour	44	352	341
pour	46	368	356½
pour	48	384	372
pour	50	400	387½
&c.			

30. AYANT ainſi déterminé à-peu-près les effets du frottement, on déterminera auſſi à-peu-près la réſiſtance de l'air pour chaque bateau, en meſurant la ſurface que ce bateau préſente au choc de l'air, & en partant de ce principe, que ſous même viteſſe, les chocs de l'eau & de l'air, contre des plans différents, ſont en raiſon compoſée des ſurfaces choquées & des denſités ou peſanteurs ſpécifiquès des deux fluides.

Appliquons ceci à quelques exemples, pris d'ailleurs au hasard, parmi les résistances perpendiculaires & directes.

31. SOIENT proposées les Expériences 1, 12, 20, 34, 48, (Chap. II); & 6 (Chap. IV); Expériences dans lesquelles nous considérons toujours le mouvement sur les 20 derniers pieds de l'espace parcouru. Nommons en général, pour chaque bateau, Q le poids moteur diminué de la quantité relative au frottement; R & r les résistances de l'eau & de l'air.

Cela posé, 1°. pour l'Expérience 1, où l'on employe le bateau N°. 1, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, sont entr'eux dans le rapport de 12 pouces à 6 pouces, ou de 2 à 1. Ainsi, en supposant que les densités de ces deux fluides soient entr'elles dans le rapport de 850 à 1, on aura $R:r :: 2 \times 850 : 1 :: 1700 : 1$. Or $R+r=Q$. Donc $r = Q \times \frac{1}{1701}$, & $R = Q \times \frac{1700}{1701}$.

2°. Pour l'Expérience 12, où l'on employe le bateau N°. 2, les deux plans choqués par l'eau & par l'air sont encore entr'eux dans le rapport de 2 à 1. Donc $r = Q \times \frac{1}{1701}$, & $R = Q \times \frac{1700}{1701}$.

3°. Pour l'Expérience 20, où l'on employe le bateau N°. 3, 1re flottaison, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, sont entr'eux dans le rapport de 7 pouces 10 lignes à 11 pouces 10 lignes, ou de 47 à 71. Donc $R:r :: 850 \times 47 : 71 :: 39950 : 71$. Donc $r = Q \times \frac{71}{40021}$, & $R = Q \times \frac{39950}{40021}$.

4°. Pour l'Expérience 34, où l'on employe le bateau N°. 3, 2e flottaiſon, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, ſont entr'eux dans le rapport de 12 pouces $5\frac{1}{2}$ lignes à 7 pouces $2\frac{1}{2}$ lignes, ou de 299 à 173. Ainſi $R:r::850\times 299:1\times 173::254150:173$. Donc $r=Q\times\frac{173}{254323}$, & $R=Q\times\frac{254150}{254323}$.

5°. Pour l'Expérience 48, où l'on employe le bateau N°. 3, 3e flottaiſon, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, ſont entr'eux dans le rapport de 15 pouces 10 lignes à 3 pouces 10 lignes, ou de 95 à 23. Donc $R:r::850\times 95:23::80750:23$. Ainſi $r=Q\times\frac{23}{80773}$, & $R=Q\times\frac{80750}{80773}$.

Enfin pour l'Expérience 6 (Chap. IV), où l'on employe le bateau N°. 21, les deux plans choqués par l'eau & par l'air, ſont entr'eux dans le rapport de 12 pouces $5\frac{1}{2}$ lignes à 7 pouces $2\frac{1}{2}$ lignes, ou de 299 à 173. Ainſi $R:r::850\times 299:1\times 173::254150:173$. Donc $r=Q\times\frac{173}{254323}$, & $R=Q\times\frac{254150}{254323}$.

Il eſt clair que dans tous les cas, on aura les valeurs de r & de R, en mettant pour Q ſa valeur déterminée au moyen de l'article précédent. Ces calculs font voir que la réſiſtance de l'air eſt extrêmement petite par rapport à celle de l'eau. Contentons-nous de mettre ici les expreſſions numériques de R.

	onces		onces.
Si (Exp. 1),	$Q = 93$	. . on aura	$R = 92,94$
si (Exp. 12),	$Q = 248$	. . . .	$R = 247,85$
si (Exp. 20),	$Q = 124$	. . . .	$R = 123,78$
si (Exp. 34),	$Q = 155$	. . . .	$R = 154,90$
si (Exp. 48),	$Q = 279$	. . . .	$R = 278,92$
si (Exp. 6 Ch. IV),	$Q = 465$	. . . .	$R = 464,69$.

32. EXAMINONS maintenant la valeur du poids R, relativement à la surface que le bateau présente au choc de l'eau, & à la vitesse de ce choc.

On sait qu'un pied cube d'eau douce pèse 70 livres environ. Nommons en général M le volume d'un pied cube de cette eau ; N, le volume d'une quantité d'eau du même poids que R exprimé en livres ; ss, la surface présentée au choc du fluide ; & h, une hauteur telle qu'on ait $hss = N$; h', la hauteur due à la vitesse avec laquelle se meut le bateau. On aura $N = M \times \frac{R}{70}$; & par conséquent $hss = M \times \frac{R}{70}$, ou $h = \frac{M}{ss} \times \frac{R}{70}$. On cherchera la valeur de h', pour la comparer avec celle de h. Nous exprimerons ces deux lignes en pouces. En exécutant ces calculs pour les Expériences de l'article précédent, on trouvera

	pouces.	pouces.
Exp. 1	$h = 0,99 +$	$h' = 1,08$
Exp. 12	$h = 1,32$	$h' = 1,39$
Exp. 20	$h = 1,28$	$h' = 1,19$
Exp. 34	$h = 1,01$	$h' = 1,03$
Exp. 48	$h = 1,43$	$h' = 1,47$
Exp. 6 (Chp. IV) . .	$h = 1,44$	$h' = 0,84$.

33. On voit par ces calculs que les valeurs de h & de h' ne different jamais beaucoup entr'elles. Leurs différences peuvent être attribuées, ou aux erreurs inévitables dans les obſervations ou aux déterminations, toujours un peu hypothétiques ou incertaines, du frottement & de la réſiſtance de l'air. Ainſi dans la pratique, on peut ſuppoſer, ſans craindre d'erreur ſenſible, que *la réſiſtance perpendiculaire & directe d'une ſurface plane, qui ſe meut parallélement à elle-même dans un fluide indéfini, eſt égale au poids d'une colonne du même fluide, laquelle auroit pour baſe la ſurface choquée; & pour hauteur, celle qui eſt due à la viteſſe avec laquelle ſe fait la percuſſion.*

La réſiſtance ou la percuſſion des fluides dans des canaux étroits ou dans des courſiers, eſt plus grande que dans les fluides indéfinis, comme nous le verrons ci-deſſous (Chap. VI).

34. Il ne nous reſte plus ici qu'à dire quelque choſe de la tenacité des fluides, & du frottement qu'un bateau éprouve dans la direction de ſa longueur, de la part de l'eau.

Nous avons voulu déterminer la tenacité de l'eau, en meſurant, par un poids, la force qu'il faut employer pour mettre en mouvement un corps en repos, flottant ſur le fluide; & nous avons obſervé que du moment que le frottement eſt vaincu, la plus légère force met le bateau en mouvement. D'où nous avons conclu que la tenacité de l'eau eſt extrêmement petite, & que cette réſiſtance doit être regardée com-

me abſolument nulle par rapport à celle qui provient de l'inertie.

35. Il en eſt de même du frottement de l'eau le long des parois & du fond d'un bateau. Ce frottement eſt très-léger, & ſon effet ne peut pas être démêlé d'avec celui du frottement des poulies, ou de la réſiſtance de l'air, à moins que le bateau n'eût une très-grande longueur. On peut ſe convaincre de la juſteſſe de cette remarque, en comparant reſpectivement les Expériences 52, 53, 54, 55, avec les Expériences 31, 34, 36, 39.

Il y a plus. Par la comparaiſon que nous venons d'indiquer, on voit que le bateau des Expériences 52, 53, 54, 55, éprouve un peu plus de réſiſtance que celui des Expériences 31, 34, 36, 39, quoique le premier bateau ſoit plus court que le ſecond auquel il eſt d'ailleurs égal pour toutes les autres dimenſions. Il y a donc ici un effet contraire à celui qu'on devroit attendre du frottement de l'eau. La raiſon de cet effet eſt qu'un corps en mouvement ſur un fluide doit avoir une certaine longueur, pour que le creux qui ſe forme dans le fluide, vers ſa partie poſtérieure, puiſſe être rempli ou diminué par le fluide latéral, & que par le refoulement de l'eau, la différence de ſon niveau, de l'avant à l'arrière du corps flottant, ſoit moins grande.

Conclusion générale de ce Chapitre.

Il réſulte, de tout ce qui a été dit dans le cours du préſent Chapitre :

1°. Que les réſiſtances qu'éprouve un même corps de figure quelconque, mu avec différentes viteſſes dans un fluide indéfini, ſont ſenſiblement proportionnelles aux quarrés des viteſſes. La reſtriction *ſenſiblement* a été expliquée. On a vu que les réſiſtances croiſſoient dans une raiſon un peu plus grande que celle des quarrés des viteſſes. L'expérience eſt donc à-peu-près d'accord ſur ce point avec la théorie.

2°. Que les réſiſtances perpendiculaires & directes ; de pluſieurs ſurfaces planes, mues avec la même viteſſe, ſont ſenſiblement proportionnelles aux étendues de ces ſurfaces. Les deux rapports peuvent être beaucoup rapprochés de l'égalité, en ayant égard convenablement aux différents remous que les bateaux éprouvent en diviſant le fluide. Ainſi l'expérience peut être cenſée encore d'accord ſur ce ſecond point avec la théorie.

3°. Que les réſiſtances qui proviennent des mouvements obliques, ne diminuent pas, à beaucoup près, toutes choſes d'ailleurs égales, dans la raiſon des quarrés des ſinus des angles d'incidence ; que par conſéquent ſur ce troiſième point, la théorie ordinaire de la réſiſtance des fluides doit être entièrement abandonnée, lorſque les angles d'incidence ſont petits, puiſqu'alors elle donneroit néceſſairement des réſultats très-fautifs. On voit auſſi qu'elle ne peut pas être employée pour trouver le ſolide de la moindre réſiſtance, ni en général pour déterminer aucune courbe propre à remplir un objet propoſé ; puiſque dans ces ſortes de Problêmes, la loi de la courbure eſt un élément in-

connu. Mais pour les cas où les angles d'incidence ſeroient grands, comme dans l'intervalle de 50 à 90 degrés, on peut, en attendant mieux, ſe ſervir de la théorie ordinaire pour déterminer les réſiſtances, en obſervant néanmoins qu'elle donnera pour ces réſiſtances, des quantités un peu moindres qu'on ne les trouveroit par l'expérience, & d'autant moindres que les angles d'incidence s'éloigneront davantage de 90 degrés.

4°. Que la réſiſtance perpendiculaire & directe d'un plan, dans un fluide indéfini, eſt ſenſiblement égale au poids d'une colonne de ce fluide, laquelle auroit pour baſe la ſurface choquée, & pour hauteur, celle qui eſt due à la viteſſe avec laquelle ſe fait le choc.

5°. Que la tenacité de l'eau eſt une force que l'on doit regarder comme infiniment petite par rapport à la réſiſtance qui provient de l'inertie. La même choſe doit s'entendre du frottement de l'eau le long des parois du corps flottant. Ce frottement ne pourroit devenir ſenſible que dans le cas extraordinaire où le bateau auroit une longueur exceſſive par rapport à ſa largeur.



CHAPITRE VI.

Comparaiſon de la Réſiſtance des Fluides, dans des canaux étroits, avec celle des Fluides indéfinis.

1. UN corps en repos, flottant ſur un fluide, eſt ſoulevé verticalement avec la même force, quelles que ſoient les dimenſions du fluide. D'après ce principe d'Hydroſtatique, quelques perſonnes pourroient croire qu'il eſt indifférent, quant à l'effet de la réſiſtance, qu'un bateau ſe meuve dans un fluide plus ou moins étendu. On ſent que la différence ne peut être en effet que légère, lorſque la viteſſe du bateau eſt extrêmement petite. Mais on ſent auſſi que ſi la viteſſe du bateau eſt un peu grande dans un canal étroit, le fluide que ce corps pouſſe devant lui, n'ayant pas une entière liberté de ſe répandre par les côtés, ni même par le bas, ſi le canal eſt peu profond, doit oppoſer naturellement au bateau plus de réſiſtance, qu'il ne lui en oppoſeroit, s'il n'étoit pas contenu par le fond & par les parois du canal. L'expérience va bientôt décider ſi ce raiſonnement eſt ſolide.

2. AVANT de rapporter (Chap. III) nos Expériences ſur la réſiſtance des fluides dans des canaux

étroits, nous avons indiqué la manière dont elles ont été faites. Nous ajouterons ici, ſur ce dernier point, que les parois verticales du canal étroit n'arrivent pas jusqu'à la face *AK* du baſſin (Pl. III, Fig. I); que leurs extrémités en ſont diſtantes d'une quantité *yx* qui eſt d'environ 4 pieds; d'où retranchant un peu moins de 1 pied pour l'épaiſſeur de la paillaſſe appliquée contre *AK*, & deſtinée à empêcher que les bateaux ne ſe briſent en arrivant, reſte de part & d'autre plus de 3 pieds pour la communication de l'eau du canal avec le reſte du baſſin. Le canal étant donc ſuppoſé ouvert par les deux bouts, le fluide que le bateau pouſſe devant lui a la liberté de fuir & de s'échapper par les ouvertures *yx*; tandis que le fluide du baſſin a la liberté d'entrer par l'autre bout du canal, & de ſuivre le bateau. Ainſi ce cas eſt entièrement analogue à celui d'un bateau qui ſe meut dans un canal étroit, de longueur indéfinie. Après avoir examiné amplement ce cas, nous avons auſſi déterminé la réſiſtance, lorſque le canal eſt fermé par les deux bouts.

Planc. III, Fig. 1.

3. En comparant entr'elles les réſiſtances qu'éprouve un même bateau, mu avec différentes viteſſes dans des canaux de différentes largeurs ou profondeurs, nous avons trouvé que pour chaque canal, les réſiſtances étoient ſenſiblement proportionnelles aux quarrés des viteſſes, comme dans les fluides indéfinis. C'eſt ce qu'on voit dans la Table ſuivante, qui a été conſtruite de la même manière que celle du N°. 8 (Chap. précéd.)

La première colonne contient les dimenſions tranſverſales du canal depuis le fond juſqu'à la ſurface de l'eau ; avec les noms des bateaux qui ont couru.

La ſeconde colonne, les Nos des Expériences.

La troiſième, les tems (en demi-ſecondes) des mouvements ſur les 20 derniers pieds, qu'on ſuppoſe parcourus uniformément.

La quatrième, les poids (en marcs) calculés d'après un poids donné par l'Expérience, & d'après l'hypothèſe, que les réſiſtances ſont dans chaque cas proportionnelles aux quarrés des viteſſes.

Enfin la cinquième colonne contient les poids donnés par l'Expérience.

On n'a pas compris dans cette Table, les Expériences 73, 74, 75, parce qu'elles ſe rapportent à d'autres qui y ſont contenues, & qu'elles ont ſimplement pour objet d'éclaircir la queſtion propoſée dans la remarque qui les précède. Ajoutons à cette remarque, quoique cela y ſoit déjà dit implicitement, que les trois Expériences dont on vient de parler, ont été faites dans un canal ouvert par les deux bouts.



Rapport de la Résistance théorique à la Résistance effective, pour une même surface mue avec différentes vitesses, dans des canaux étroits.

CANAL OUVERT PAR LES DEUX BOUTS.

PROFOND. & larg. du canal, VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
1re Prof. & 1re larg. du canal. Vaiss. N°. 1.	1	19,04	16...base.	16
	2	17,25	19,49	20
	3	15,95	22,80	24
	4	14,60	27,21	28
	5	14,40	27,98	32
(id.) Vaisseau N°. 2.	6	23,25	32 ..base.	32
	7	21,25	38,31	40
	8	19,92	43,60	48
	9	18,50	50,54	56
(id.) Vaisseau N°. 4.	10	23,90	24...base.	24
	11	21,20	30,50	32
	12	19,15	37,38	40
	13	17,50	44,76	48
(id.) Vaisseau N°. 5.	14	23,85	24...base.	24
	15	21,15	30,52	32
	16	18,66	39,21	40
	17	17,15	46,41	48

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
(id.) Vaiſſeau N°. 6.	18 19 20 21	21,35 18,80 16,90 15,56	24...baſe. 30,95 38,30 45,18	24 32 40 48
1re Prof. & 2e larg. du canal. Vaiſ. N°. 1.	22 23 24 25	17,20 15,75 14,40 13,10	16...baſe. 19,08 22,82 27,58	16 20 24 32
(id.) Vaiſſeau N°. 2.	26 27 28	21,80 19,70 18,10	32...baſe. 39,19 46,42	32 40 48
(id.) Vaiſſeau N°. 5.	29 30 31 32	22,62 19,85 17,80 16,30	24...baſe. 31,16 38,76 46,22	24 32 40 48
(id.) Vaiſſeau N°. 6.	33 34 35	19,81 17,24 15,85	24...baſe. 31,69 37,49	24 32 40
2e Prof. & 3e larg. du canal. Vaiſ. N°. 1.	36 37 38	15,25 13,75 13,00	16...baſe. 19,68 22,01	16 20 24
(id.) Vaiſſeau N°. 2.	39 40 41	18,00 16,60 15,30	32...baſe. 37,62 44,29	32 40 48

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-fecon. fur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
(id.) Vaiffeau N°. 5.	42 43 44 45	20,07 17,50 16,00 15,00	24...bafe. 31,57 37,76 42,97	24 32 40 48
(id.) Vaiffeau N°. 6.	46 47 48	17,70 15,50 13,90	24...bafe. 31,29 38,92	24 32 40
3ᵉ Prof. & 4ᵉ larg. du canal. Vaif. N°. 2.	49 50 51	16,41 14,80 13,75	32...bafe. 39,34 45,58	32 40 48
(id.) Vaiffeau N°. 5.	52 53 54	15,94 14,50 13,38	32...bafe. 38,67 45,42	32 40 48
4ᵉ Prof. & larg. indéfi. du canal. Vaif. N°. 2.	55 56 57	16,00 14,50 13,50	32...bafe. 38,96 44,95	32 40 48
(id.) Vaiffeau N°. 5.	58 59 60	15,13 13,60 12,58	32...bafe. 39,60 46,29	32 40 48
2ᵉ Prof. & 1ʳᵉ larg. du canal. Vaif. N°. 7.	61 62 63	16,40 15,25 14,45	16...bafe. 18,50 20,61	16 20 24
(id.) Vaiffeau N°. 9.	64 65 66	22,96 21,13 19,10	32...bafe. 37,78 46,24	32 40 48

CANAL FERMÉ PAR LES DEUX BOUTS.

PROFOND. & larg. du canal. VAISSEAUX.	EXPÉRIENC.	TEMS en demi-secon. sur les 20 derniers pieds.	MARCS calculés.	MARCS éprouvés.
2e Prof. & 1re larg. du canal. Vaiss. N°. 1.	67	19,00	16...base.	16
	68	17,25	19,41	20
	69	16,13	22,20	24
(id.) Vaisseau N°. 2.	70	26,40	32..base.	32
	71	24,40	37,46	40
	72	22,95	42,34	48

RÉFLEXIONS.

4. CETTE Table, comparée avec la première de l'article 8 (Chap. V), offre un moyen facile de trouver le rapport de la résistance dans un canal étroit, avec la résistance dans un fluide indéfini. Car nous n'avons qu'à prendre un même bateau, qui ait couru dans les deux cas ; chercher par la loi des résistances proportionnelles aux quarrés des vitesses, le poids moteur nécessaire pour que ce bateau se meuve dans le canal étroit, avec la même vitesse qu'il s'est mu dans le fluide indéfini, au moyen d'un poids connu : alors les deux poids moteurs correspondants seront entr'eux, du moins sensiblement, dans le rapport cherché des

résistances. Nous allons appliquer cette méthode à plusieurs exemples que nous discuterons séparément, parce que chacun d'eux fournira des remarques particulières. On nommera en général F la résistance dans le canal étroit, f la résistance correspondante ou relative à la même vitesse, dans le fluide indéfini. De plus, pour abréger, nous distinguerons plusieurs canaux étroits, à raison de leurs différentes sections transversales ou perpendiculaires à la longueur constante.

Résistance directe; canaux ouverts par les deux bouts.

I. CANAL. 5. I. CANAL. Premièrement, soit le bateau N°. 1. Suivant l'Expérience 1 (Chap. V, N°. 8, Tabl. I), le poids moteur étant 12 marcs, ce bateau parcourt 20 pieds en 17,08 demi-secondes, ou 40 pieds en 17″,08, dans le fluide indéfini; & suivant la Table précédente (Exp. 2), la force motrice étant 20 marcs, il parcourt 20 pieds en 17,25 demi-secondes, ou 40 pieds en 17″,25, dans le canal étroit. Donc, pour qu'il y parcourût 20 pieds en 17,08 demi-secondes, il faudroit employer un poids moteur de 20,40 marcs. Ainsi, on aura $F:f::20,40:12$. Le dernier rapport est un peu trop grand, à raison d'une petite différence dans les frottements. Mais on peut supposer qu'on a sensiblement $F:f::5:3$. D'où l'on voit que le bateau éprouve beaucoup plus de résistance dans le canal étroit, que dans le fluide indéfini.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau sous le bateau, ou la distance du fond du bateau au fond du canal, est de 3 pouces 2 lignes; & la distance de cha-

cune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal est de 8 pouces $\frac{1}{4}$. L'eau qui a choqué le bateau, n'ayant pas une liberté suffisante pour s'échapper, soit par-dessous le bateau, soit le long de ses côtés, est forcée de rétrograder, ou de fuir en partie devant le bateau, du moins jusqu'à une certaine distance. C'est ce qui produit l'excès de F sur f.

2°. Soit le vaisseau N°. 2. L'Expérience 8 (Ch. V, N°. 8, Tab. I) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 21″,11; & on trouve, au moyen de l'Expérience 7 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 40,54 marcs. On aura donc $F:f::40,54:16$; ou bien (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::5:2$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau sous le bateau est de 3 pouces 2 lignes; & la distance de chacune des parois latérales du bateau, à chacune des parois latérales du canal, est seulement de 2 pouces $\frac{1}{4}$. D'où l'on voit que l'excès de F sur f doit être ici plus grand que dans le premier cas.

3°. Soit le vaisseau N°. 4. L'Expérience 52 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, le bateau parcourt 40 pieds en 19″,85; & on trouve, au moyen de l'Expérience 11 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse, dans le canal étroit, si l'on employe un poids moteur de 36,50 marcs. On aura donc $F:f::36,50:16$; ou

(en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::$ $9:4$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la hauteur de l'eau ſous le bateau, eſt de 2 pouces $8\frac{1}{2}$ lignes; & la diſtance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, eſt de 4 pouces 5 lignes. On voit que la diminution de la profondeur de l'eau ſous le bateau fait augmenter ſenſiblement le rapport de F à f.

4°. Soit le bateau N°. 6. L'Expérience 60 (Ch. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, le bateau parcourt 40 pieds en 18″,83, dans le fluide indéfini; & on trouve au moyen de l'Expérience 19 de la Table précédente, qu'il aura la même viteſſe dans le canal étroit, ſi l'on employe un poids moteur de 31,90 marcs. On aura donc $F:f::31,90:16$, ou (en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::$ $33:17$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau, ſous la quille du bateau, eſt de $2\frac{1}{2}$ pouces; & la plus courte diſtance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, eſt de 4 pouces 5 lignes. L'eau a ici un peu plus de facilité à s'échapper, que dans le cas précédent; de-là vient que le rapport de F à f eſt un peu moindre que tout-à-l'heure.

II. Canal. 6. II. Canal. Premièrement, ſoit le vaiſſeau N°. 1. L'Expérience 1 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 12 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 17″,08, dans le fluide indéfini;

& on trouve, au moyen de l'Experience 22 de la Table précédente, qu'il aura la même viteſſe dans le canal étroit, ſi l'on employe un poids moteur de 16,22 marcs. Ainſi on aura $F:f::16,22:12$; ou (en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::4:3$.

Ici la profondeur de l'eau dans le canal, au-deſſous du bateau, eſt de 3 pouces 2 lignes; & la diſtance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, eſt de 14 pouces. En comparant ce cas avec le premier de l'article précédent, on voit que l'élargiſſement du canal, (la profondeur demeurant la même), fait diminuer ſenſiblement la réſiſtance.

2°. Soit le vaiſſeau N°. 2. L'Expérience 8 (Ch. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 21″,11; & on trouve, au moyen de l'Expérience 26 de la Table précédente, qu'il aura la même viteſſe dans le canal étroit, ſi l'on employe un poids moteur de 34,12 marcs. Ainſi on a $F:f::34,12:16$; ou (en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::19:9$, à-peu-près.

Dans le canal étroit, la profondeur de l'eau, ſous le bateau, eſt de 3 pouces 2 lignes; & la diſtance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, eſt de 8 pouces. Comparez ce cas avec le ſecond de l'article précédent : vous verrez diminuer la réſiſtance à meſure que le canal s'élargit.

3°. Soit le vaiſſeau N°. 6. L'Expérience 60 (Ch. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 16 marcs,

notre bateau parcourt 40 pieds en 18″,83, dans le fluide indéfini ; & on trouve, au moyen de l'Expérience 33 de la Table précédente, qu'il aura la même viteſſe dans le canal, ſi l'on employe un poids moteur de 26,56 marcs. On aura donc $F:f::$ 26,56 : 16, ou (en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::$ 13 : 8.

La profondeur de l'eau du canal, ſous la quille du vaiſſeau, eſt de $2\frac{1}{2}$ pouces ; & la plus courte diſtance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, eſt de 10 pouces 2 lignes. Comparez ce cas avec le quatrième de l'article précédent, &c.

III. CANAL. 7. III. CANAL. Premièrement, ſoit le bateau N°. 1. L'Expérience 2 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 14 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 15″,90, dans le fluide indéfini ; & on trouve, au moyen de l'Expérience 36 de la Table précédente, qu'il aura la même viteſſe dans le canal, ſi l'on employe un poids moteur de 14,72 marcs. On aura donc $F:f::$ 14,72 : 14 ; ou (en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::$ 19 : 18.

La profondeur de l'eau du canal, ſous le bateau ; eſt de $3\frac{1}{2}$ pouces ; & la diſtance de chacune des parois du bateau à chacune des parois du canal eſt de $31\frac{1}{2}$ pouces. Ces deux diſtances peuvent être regardées comme indéfinies. On voit que f ſe rapproche beaucoup de F, mais que cependant $F > f$, parce que le fluide eſt encore un peu gêné ſous le bateau.

2°. Soit le bateau N°. 2. L'Expérience 10 (Ch. V,

&c.) fait voir que le poids moteur étant 24 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 17″,32, dans le fluide indéfini; & on trouve, au moyen de l'Expérience 39 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si le poids moteur est de 34,56 marcs. On aura donc *F*:*f*:: 34,56 : 24, ou (en diminuant un peu le second rapport), *F*:*f*:: 18 : 13, à-peu-près.

La profondeur de l'eau du canal, sous le bateau, est de 3 ½ pouces; & la distance de chacune des parois du bateau à chacune des parois du canal, est de 25 ½ pouces. On voit que l'eau est gênée, non-seulement par-dessous le bateau, mais encore par les côtés.

8. IV. CANAL. SOIT le bateau N°. 2. L'Expérience 11 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 28 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 16″,12, dans le fluide indéfini; & on trouve, au moyen de l'Expérience 49 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si l'on emploie un poids moteur de 33,16. On aura donc *F*:*f*:: 33,16 : 28, ou (en diminuant un peu le second rapport), *F*:*f*:: 9 : 8, à-peu-près. IV. CANAL.

La largeur du canal est indéfinie; mais la profondeur de l'eau sous le bateau, n'est que de 3 ½ pouces, & c'est ce qui produit l'excès de *F* sur *f*.

9. V. CANAL. SOIT encore le bateau N°. 2. L'Expérience 11 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 28 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 16″,12, dans le fluide indéfini; & on trouve, V. CANAL.

au moyen de l'Expérience 55 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si l'on employe un poids moteur de 31,52 marcs. On aura donc $F:f::31,52:28$; ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::11:10$, à-peu-près.

La largeur du canal est indéfinie. La profondeur de l'eau sous le bateau, est de $15\frac{1}{4}$ pouces. Il paroît que cette profondeur gêne encore un peu le mouvement du bateau, à raison de l'étendue de son fond : peut-être faut-il attribuer l'excès de F sur f, aux erreurs des observations.

Résistance oblique ; canal ouvert par les deux bouts.

VI. CANAL. 10. VI. CANAL. 1°. SOIT le vaisseau N°. 7. L'Expérience 75 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 10 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 11'',88, dans le fluide indéfini ; & on trouve, au moyen de l'Expérience 61 de la Table précédente, qu'il aura la même vitesse dans le canal, si l'on employe un poids moteur de 30,49 marcs. On aura donc $F:f::30,49:10$, ou (en diminuant un peu le second rapport), $F:f::34:11$, à-peu-près.

La profondeur de l'eau du canal, sous le bateau, est de $3\frac{1}{2}$ pouces ; & la distance de chacune des parois latérales du bateau à chacune des parois latérales du canal, est de $8\frac{1}{4}$ pouces. En comparant ce cas avec le premier de l'article 5, on verra que toutes choses d'ailleurs égales, une proue angulaire & tranchante fait diminuer considérablement moins la résistance dans un canal étroit que dans un fluide indéfini. La

raiſon s'en préſente d'elle-même. Dans le canal étroit, le fluide diviſé par le tranchant de la proue eſt ſoutenu par les parois du canal, & réagit contre le bateau; au lieu que dans un fluide indéfini, l'eau diviſée par la proue ſe répand de part & d'autre, ſans obſtacle, dans le fluide environnant. On reconnoîtra, d'une manière encore plus ſenſible, la vérité de cette obſervation, par l'exemple ſuivant.

2°. Soit le vaiſſeau N°. 9. L'Expérience 91 (Chap. V, &c.) fait voir que le poids moteur étant 12 marcs, notre bateau parcourt 40 pieds en 18″,00, dans le fluide indéfini; & on trouve, au moyen de l'Expérience 64 de la Table précédente, qu'il aura même viteſſe dans le canal, ſi l'on employe un poids moteur de 52,06 marcs. Ainſi $F:f::52,06:12$; ou (en diminuant un peu le ſecond rapport), $F:f::51:12$.

Réſiſtance directe ; canal fermé par les deux bouts.

11. VI. CANAL. SOIENT les vaiſſeaux N°s 1 & 2. VI. CANAL.
Si, au moyen de la Table précédente, on compare chacune à chacune, 1°. les Expériences 67, 68, 69 aux Expériences 1, 2, 3; enſuite les Expériences 70, 71, 72 aux Expériences 6, 7, 8 : on verra que pour le bateau N°. 1, la réſiſtance eſt à-peu-près la même, lorſque le canal eſt fermé, ou lorſqu'il eſt ouvert, par les deux bouts; mais que pour le bateau N°. 2, elle eſt ſenſiblement plus grande dans le canal fermé que dans le canal ouvert. En effet, le fluide pouſſé par chaque bateau étant ſoutenu par la paroi antérieure &

tranſverſale du canal, a bien plus la liberté de refluer par les côtés, pour le bateau N°. 1, que pour le bateau N°. 2, qui eſt deux fois plus large.

Les deux canaux comparés ont la même largeur ; ſeulement celui dont il eſt ici queſtion, eſt de 4 lignes plus profond que le premier ; ce qui tend à diminuer un peu la réſiſtance.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE CE CHAPITRE.

12. IL réſulte des Expériences & des calculs que nous venons d'expoſer, que la réſiſtance des fluides contenus dans des canaux étroits ou peu profonds, eſt plus grande que celle des fluides indéfinis en tous ſens. La différence peut aller très-loin ; elle depend des dimenſions tranſverſales du canal & de la forme des vaiſſeaux de comparaiſon.

13. NOUS avons obſervé que dans un canal étroit, le fluide pouſſé par le bateau, fuit, du moins en partie, devant lui, & forme un courant plus ou moins rapide, ſelon que le bateau ſe meut plus ou moins vîte. Ce courant doit avoir lieu, d'une manière plus ou moins marquée, dans toutes ſortes de canaux étroits. Car ſi le bateau rempliſſoit exactement le canal, il pouſſeroit toute l'eau devant lui, à-peu-près de même que le piſton d'une ſeringue chaſſe l'eau qu'elle contient. Mais comme il y a toujours du vuide par les côtés & par-deſſous le fond du bateau, une partie du fluide s'écoule par ce vuide, l'autre partie eſt refoulée par le bateau ; ce qui produit des courants contraires

contraires, lesquels sont susceptibles de plusieurs variétés, à raison de la variété des causes qui tendent à les former, & de la longuer du canal dans lequel se fait le mouvement. Moins l'eau a de facilité pour passer de l'avant à l'arrière du bateau, plus le courant contraire est grand, & moins le bateau est soutenu vers sa partie postérieure ; d'où résulte une augmentation de résistance.

14. On voit par-là combien il est essentiel de donner aux canaux de navigation, le plus de largeur & de profondeur, qu'il est possible, sans se jetter néanmoins dans une dépense superflue. On doit donc éviter, à moins qu'on n'y soit forcé par des circonstances locales, extrêmement rares, de construire des canaux souterrains. Car si l'on veut donner à ces sortes de canaux, les dimensions requises pour y établir une navigation sûre & commode, ils coûteront souvent des sommes énormes, tant pour l'extraction des terres, que pour la construction des voûtes, presque toujours indispensablement nécessaires pour soutenir le ciel & les parois de l'excavation. Il ne s'agit pas ici de se proposer la gloire de vaincre des difficultés. Un canal est un objet d'utilité, & non pas un monument d'ostentation. Si les frais, pour sa construction & pour son entretien, l'emportent sur les avantages qu'on en espère, aucune considération ne peut déterminer à l'entreprendre. Les canaux à ciel ouvert méritent en général toute préférence sur les canaux souterrains. Il est vrai qu'au moyen de ceux-ci, on peut quelquefois dimi-

N

nuer beaucoup le trajet de la navigation; mais cet avantage prétendu n'eſt le plus ſouvent qu'une illuſion. Car le but qu'on ſe propoſe dans le tranſport d'un bateau, n'eſt pas ſimplement d'abréger l'eſpece qu'il parcourt, mais d'arriver d'un point à un autre dans le moindre tems poſſible. Or la navigation eſt incomparablement plus facile & plus prompte dans un canal à ciel ouvert, que dans un canal ſouterrain. Ajoutons que le premier, s'il eſt bien entendu, bien adapté au terrein, coûtera ordinairement beaucoup moins que le ſecond, malgré les différences qui peuvent ſe trouver dans les longueurs des deux canaux.

FIN.



ESSAI

D'UNE MÉTHODE

Pour trouver les loix des Phénomènes d'après les Observations.

Par M. le Marquis DE CONDORCET.

M. DE LA GRANGE a donné, dans les Mémoires de l'Académie, année 1772, une très-belle Méthode pour former des Tables des planètes par les seules observations, ou plus généralement, pour déduire les loix des phénomènes d'après les observations.

Celle que je propose ici, n'a d'autre avantage que d'être beaucoup moins savante; mais comme il seroit utile que tous les Savans qui s'occupent de Physique, pussent employer ces méthodes, & les appliquer à leurs expériences, j'ai cru pouvoir proposer celle-ci, qui m'a paru d'un usage très-simple, & n'exiger que des connoissances très-élémentaires. D'ailleurs, lorsqu'il s'agit de méthodes, qui doivent devenir d'une pratique générale, on ne sauroit trop les multiplier: parce qu'il n'y a guère que l'habitude qui puisse apprendre quelle est celle, qui dans l'usage, mérite la préférence.

Il falloit toutes ces raisons pour me déterminer à

traiter une matière dont M. de la Grange s'étoit occupé.

L'avantage qu'ont les Méthodes algébriques de réduire, à des opérations pour ainsi dire techniques, des recherches qui demanderoient sans cela des connoissances étendues, ou de la sagacité, suffiroit peut-être pour faire préférer ces Méthodes dans les applications des Mathématiques aux Sciences naturelles.

Ce Mémoire sera divisé en plusieurs articles, selon les différentes manières de représenter les loix que l'on cherche, & suivant la marche des observations d'après lesquelles on détermine ces loix.

Ier CAS.

La quantité cherchée ϕ est exprimée par une fonction d'une seule quantité variable x. Cette fonction est composée d'un nombre fini de termes $Ax^m e^{fx}$, où m est un nombre entier positif; & l'on connoît par l'observation des valeurs particulières de ϕ,

$$V,\ V',\ V'',\ V'''\ldots V'''q,$$

répondantes à $x=r, r+s, r+2s, r+3s \ldots r+qs$; ces valeurs de x étant en progression arithmétique.

I.

Supposons que l'on ait en général $V + aV' + bV'' \ldots\ldots + qV^n = 0$, $V' + aV'' + bV''' \ldots\ldots + qV^{n+1} = 0$; & ainsi de suite pour toutes les valeurs de V. L'on pourra supposer que l'on ait en général $\phi + a\phi(x+\Delta x) + b\phi(x+2\Delta x) \ldots\ldots + q\phi(x+n\Delta x) = 0$, $\Delta x = s$. On aura donc,

ſi on fait $\phi = A c^{fx}$, l'équation $1 + a c^{fs} + b e^{2fs} \ldots \ldots + q e^{nsf} = 0$, qui ſervira à déterminer les valeurs de c^f.

Appellons c^f, $c^{f'}$, $c^{f''}$, &c, les racines inégales; m, le nombre des racines c^f; m', celui des racines $c^{f'}$; m'', celui des racines $c^{f''}$; on aura, pour valeur générale de ϕ, la fonction,

$$(A x^{m-1} + B x^{m-2} \ldots \ldots) c^{fx},$$
$$+ (A' x^{m'-1} + B' x^{m'-2} \ldots \ldots) c^{f'x},$$
$$+ (A'' x^{m''-1} + B'' x^{m''-2} \ldots \ldots) c^{f''x}.$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Cette valeur contiendra $m + m' + m'' = n$ termes, & l'on déduira les valeurs des n quantités, $A, B \ldots A', B' \ldots A'', B'' \ldots$ par les conditions que faiſant ſucceſſivement dans cette valeur de ϕ, $x = r$, $x = r + s$, $x = r + 2s$, $x = r + 3s \ldots\ldots$ $x = r + ns$, on ait $\phi = V$, $\phi = V'$, $\phi = V'' \ldots$ $\phi = V'''^n$. Cette Théorie a été expoſée dans pluſieurs Ouvrages.

Il en réſulte que ſi l'on a par l'obſervation, une ſuite de valeurs V de la fonction ϕ; c'eſt la même choſe de chercher ſi la fonction ϕ peut être ſuppoſée égale à un nombre n de termes de la forme $A x^m c^{fx}$; ou ſi l'on a continuellement entre les V, les équations

$$V + a V' \ldots\ldots + q V'^n,$$
$$V' + a V'' \ldots\ldots + q V'''^{n+1}.$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

II.

Suppoſons que l'on ait un nombre $p + 1$ de va-

leurs obſervées de V, depuis $x=r$ juſqu'à $x=r+ps$, & que $n+1$ ſoit le nombre des V renfermé dans chaque équation linéaire en V; n ſera le nombre des quantités indéterminées; a, b, c, q, & $p-n+1$, celui des équations en V. Donc pourvu que $n=\frac{p+1}{2}$ ou $\frac{p+2}{2}$ ſelon que p eſt pair ou impair, on pourra ſatisfaire à toutes les valeurs de V, d'où il réſulte qu'une fonction en x, de n termes, pourra toujours ſatisfaire à $2n$ obſervations. Mais ſouvent une fonction d'un moindre nombre de termes ſatisfera, lors ſur-tout que les quantités V étant données par l'obſervation, ne le ſont point avec une exactitude rigoureuſe, puiſqu'il ſuffit alors que la valeur de la fonction ϕ ſatisfaſſe aux valeurs obſervées, à des quantités près du même ordre que l'erreur des obſervations, ou qu'elle ſatisfaſſe exactement aux valeurs de V, augmentées ou diminuées de l'erreur des obſervations.

Si la valeur de la fonction qui eſt exactement d'accord avec $p+1$ obſervations, contient $\frac{p+1}{2}$ ou $\frac{p+2}{2}$ termes, comme alors, quelles qu'euſſent été les obſervations, une fonction de ce genre y eût ſatisfait, il n'y a aucune probabilité que les valeurs que d'autres obſervations doivent faire connoître, puiſſent être repréſentées par la même formule. Si on a au contraire, pour le même nombre d'obſervations, une fonction de n termes, il eſt clair qu'elle auroit ſatiſ-

fait néceſſairement à $2n$ obſervations, il y en a donc $p+1-2n$, qui ſe trouvent d'accord avec la valeur de ϕ, & qui auroient pu n'y pas être.

Regardons les valeurs poſſibles & inconnues de V, qui ſe trouvent convenir avec la formule, comme des boules blanches, & comme des boules noires, les valeurs de V qui diffèrent de la formule, la probabilité qu'une obſervation quelconque conviendra avec la formule, ſera donc celle de tirer une boule blanche d'un ſac rempli de boules blanches & noires, où l'on ignore le rapport du nombre des unes à celui des autres ; mais d'où l'on a tiré $p+1-2n$ boules blanches ſans une noire, c'eſt-à-dire, qu'elle ſera $\frac{p+2-2n}{p+3-2n}$.

Mais ſi l'on cherchoit la probabilité que la même formule ſatisfait à m obſervations, on l'auroit égale à $\frac{p+2-2n}{p+2-2n+m}$, d'où l'on voit que dès que $m >$ $p+2-2n$, la probabilité devient contraire. Suppoſons n égal à 1, c'eſt-à-dire, la loi exprimée par un ſeul terme, ce qui eſt la ſuppoſition la plus favorable à la probabilité, on aura $m=p$; c'eſt-à-dire, que la probabilité ceſſe d'être favorable à l'uniformité de la loi pour un nombre d'obſervations égal à celui qui a confirmé cette loi : & s'il eſt queſtion de phénomènes qui durent perpétuellement, elle ceſſe d'être favorable pour un tems plus grand que celui pendant lequel ils ont été obſervés.

Si maintenant nous ſuppoſons qu'il y ait une ſuite

de m, phénomènes différens, tels que chacun se trouve suivre une certaine loi, & que cette loi ait été confirmée par p, p', p'', p''', &c, observations, la probabilité que cette loi sera confirmée par une nouvelle observation dans chaque phénomène, sera $\frac{p+p'+p''\ldots\ldots+1}{p+p'+p''\ldots\ldots+m+1}$, pour un phénomène isolé, dont la loi seroit confirmée par p expériences, elle auroit été $\frac{p+1}{p+2}$. Comparons ces deux expressions pour connoître les différens cas où l'une de ces probabilités est plus grande que l'autre ; nous aurons, pour le cas des phénomènes liés entr'eux, $p+1.(p+p'+p''\ldots\ldots+1.)+p+p'+p''+1$, & pour le cas du phénomène isolé, $p+1(p+p'+p''\ldots\ldots+1)+(p+1)m$; retranchant ce qui se détruit, il reste pour les phénomènes liés, $p+p'+p''\ldots\ldots+1$, & pour le phénomène isolé, $(p+1)m$; c'est-à-dire, que pour avoir une plus grande probabilité à considérer les phénomènes liés, il faut que $p+p'+p''\ldots\ldots\ldots+1>p+1.m$, ou $p<\frac{p'+p''+p'''\ldots\ldots}{m-1}-1$; c'est-à-dire, que la somme des $m-1$, p', p'', p''', surpasse $m-1.p$ plus que $m-1$ unités.

Cette considération est nécessaire pour montrer comment il arrive souvent, dans les sciences naturelles, que l'on regarde comme certaines, des loix qui n'ont pu être confirmées que par un petit nombre d'observations. Lorsque des phénomènes du même genre, assujettis à des loix semblables, ont été ob-

ſervés un très-grand nombre de fois, & ſe ſont trouvés toujours d'accord avec ces loix ; l'eſprit lie enſemble toute cette claſſe de phénomènes, & ne juge plus d'après la probabilité que chacun en particulier eſt aſſujetti à des loix certaines, mais d'après la probabilité que le ſyſtème entier y eſt aſſujetti.

Un plus long détail ſur cet objet ſeroit ici ſuperflu.

III.

Examinons maintenant ce qui doit arriver de la formule $V + aV' + bV'' \ldots\ldots + qV'''^{n} = 0$, qui doit avoir lieu continuellement entre les quantités obſervées V, lorſque la fonction ϕ eſt compoſée d'un nombre n de termes.

1°. Si la valeur de ϕ ne contient qu'un ſeul terme, on aura $V + aV' = 0$, $V' + aV'' = 0$, $V'' + aV''' = 0$; d'où éliminant a on aura,

$$\left.\begin{array}{l} V\,V'' - V'\,V' = 0, \\ V'V''' - V''\,V'' = 0. \end{array}\right\} \quad (A)$$

. . . .

Donc pour que ϕ puiſſe être repréſenté par un ſeul terme, il faudra que tous les termes (A) ſoient nuls, & le nombre des V étant $p + 1$, celui de ces conditions ſera $p - 1$.

2°. Si la loi doit avoir deux termes, on formera les ſuites de quantités :

$$\begin{array}{ll} \text{I}^{e} & V\,V'' - V'^{2} = A, \\ & V'\,V''' - V''^{2} = A', \\ & V''V^{\text{iv}} - V'''^{2} = A''. \end{array}$$

. . . .

IIe $V' V'' - V''^2 = A_{,}$,
$V'' V''' - V'''^2 = A_{,}'$,
. . . .

IIIe $V' V'' - V''' V' = A_{,,}$,
$V'' V''' - V^{\text{iv}} V'' = A_{,,}'$,
. . . .

& ainsi de suite ; de manière que $A_{q'}^{q}$ soit formé en mettant, 1°. dans la valeur de A, V^q pour V, V^{q+1} pour V', V^{q+2} pour V'' ; & ensuite dans les premiers produisans V, & V', qui sont devenus V^q, V^{q+1}, $V^{q+q'}$ au lieu de V^q, $V^{q+q'+1}$ au lieu de V^{q+1} ; & l'on aura les équations de condition

$$A\, A_{,,}' - A'\, A_{,,} = 0,$$
$$A'\, A_{,,}'' - A''\, A_{,,}' = 0,$$
$$A''A_{,,}''' - A'''A_{,,}'' = 0,$$
. . . .

pour que la loi puisse être exprimée par deux termes. Ces conditions seront au nombre de $p - 3$.

3°. Si ces équations ne peuvent avoir lieu, on formera les quantités $B = A A_{,,}' - A' A_{,,}$, $B' = A' A_{,,}'' - A'' A_{,,}'$, & ainsi de suite ; de manière que $B_{q'}^{q}$ soit ce que devient B en y mettant d'abord, au lieu de A, A^q ; au lieu de A', A^{q+1} ; au lieu de $A_{,,}$, $A_{,,}^q$; au lieu de $A_{,,}'$, $A_{,,}^{q+1}$; & ensuite au lieu des deux premiers, produisants A & A' devenus A^q & A^{q+1}, $A_{q'}^{q}$ pour A^q, & $A_{q'}^{q+1}$ pour A^{q+1} ; & l'on aura, pour que la loi puisse être exprimée par trois termes $p - 5$, équations de condition, $B\, B_{,,,}' - B' B_{,,,} = 0$, $B' B_{,,,}'' - B'' B_{,,,}' = 0$. . . . ;

En voilà assez pour montrer comment il faudroit chercher les quantités C, C', &c, & trouver les $p-7$ équations de condition, pour que la loi soit exprimée par 4 termes; en effet on formera C^q_q, en mettant dans $C = BB'_{\prime\prime\prime} - E'B_{\prime\prime\prime}$, B^q_q au lieu de B, B^{q+1}_q au lieu de B', $B^q_{\prime\prime\prime}$ au lieu de $B_{\prime\prime\prime}$, & $B^{q+1}_{\prime\prime\prime}$ au lieu de $B'_{\prime\prime\prime}$; & l'on formera la série de conditions $CC'_{IV} - C'C_{IV} = 0$, $C'C''_{IV} - C''C'_{IV} = 0$, &c.

On continuera la même opération, & il est aisé de voir qu'en général on aura $p + 1 - 2n$ conditions, pour une loi formée de n termes, ce qui s'accorde avec ce qui a été dit ci-dessus.

I V.

Nous avons maintenant, pour déterminer e^{fs}, les conditions suivantes :

Si la loi n'a qu'un terme, $\frac{-V}{V'} e^{sf} + 1 = 0$.

Si elle en a deux, $\frac{-A}{A''} e^{2sf} - \frac{V''\left(\frac{-A}{A'}\right) + V}{V'} e^{sf}$ $+ 1 = 0$.

Si elle en a trois, $\frac{-B}{B_{\prime\prime\prime}} e^{3fs} - \frac{A_{\prime\prime\prime}\left(\frac{-B}{B_{\prime\prime}}\right) + A}{A_{\prime\prime}} e^{2sf} -$

$$\frac{V'''\left(\frac{-B}{B_{\prime\prime\prime}}\right) + \frac{V'\left[-A'''\left(\frac{-B}{B_{\prime\prime}}\right) + A\right.}{A_{\prime\prime}} + V}{V'} e^{sf} +$$

$1 = 0$.

Et en général, si pour qu'une loi soit exprimée par

un nombre q de termes ; on a les équations de conditions $PP'_q - P'P_q = 0$, $P'P''_q - P''P'_q = 0$, &c. Que les quantités qui ont formé les P, soient nommées N; celles qui ont formé les N, soient nommées M ; celles qui ont formé les M, L ; celles qui ont formé les L, K ; celles qui ont formé les K, I ; & on aura l'équation $p e^{sf.q} + n e^{sf.(q-1)} + m e^{sf(q-2)} + l e^{sf.q-3} + k e^{sf.q-4} + i e^{sf.q-5} \ldots\ldots + 1 = 0$; & ;

$$p = -\frac{P}{P_q},$$

$$n = -\frac{N_q p + N}{N_{q-1}},$$

$$m = -\frac{(M_q p + M_{q-1} n + M)}{M_{q-2}},$$

$$l = -\frac{(L_q p + L_{q-1} n + L_{q-2} m + L)}{L_{q-3}},$$

$$k = -\frac{K^q p + K_{q-1} n + K_{q-2} m + K_{q-3} l + K}{K_{q-4}},$$

$$i = -\frac{I_q p + I_{q-1} n + I_{q-2} m + I_{q-3} l + I_{q-4} k + I}{I_{q-5}}.$$

La loi de cette formule est très-facile à saisir.

V.

Cela posé, il s'agira de résoudre, par les méthodes d'approximation connues, l'équation en e^{sf}; & si on appelle ses racines e^f, e^f, $e^{f'}$ ..... m, le nombre des racines e^f; m', le nombre des racines $e^{f'}$ ... ... on aura,

$$\phi = A x^{m-1} + B x^{m-2} \ldots\ldots\ldots e^{fx},$$
$$+ A' x^{m'-1} + B' x^{m'-2} \ldots\ldots\ldots e^{f'x},$$

....

le nombre des termes étant $m+m'+m''\ldots\ldots$ $=n$; & on déterminera les coéfficients $AB\ldots\ldots$ $A'B'\ldots$ par la condition que lorsque $x=r$, $r+s$, $r+2s\ldots\ldots r+(n-1)s$. $\phi=V$, V', V'', $V'''\ldots\ldots V'''^{n-1}$.

S'il n'y a que des racines réelles, il n'y aura aucune difficulté ; s'il y a des racines imaginaires, soit e^f une de ces racines, & $e^{f'}$ l'imaginaire correspondante ; en sorte que $m=m'$.

$$e^{fr}=G+H\sqrt{-1}\,.\quad e^{f'r}=G-H\sqrt{-1}\,,$$
$$e^{fs}=g+h\sqrt{-1}\quad e^{f's}=g-h\sqrt{-1}\,,$$
$$e^{2fs}=g'+h'\sqrt{-1}\quad e^{2f's}=g'-h'\sqrt{-1}\,.$$

Donc A sera successivement multiplié par $G+H\sqrt{-1}$, $G+H\sqrt{-1}\times g+h\sqrt{-1}$, $G+H\sqrt{-1}\times g'+h'\sqrt{-1}$, &c, ou $G+H\sqrt{-1}$ $Gg-Hh+(gH+hG)\sqrt{-1}$, $Gg'-Hh'+(hG+gH)\sqrt{-1}$, &c. Tandis que A' sera multiplié successivement par $G-H\sqrt{-1}$, $G-H\sqrt{-1}\times g-h\sqrt{-1}$, $G-H\sqrt{-1}\times g'-h'\sqrt{-1}$, &c, ou $G-H\sqrt{-1}$, $Gg-Hh-(hG+hG)\sqrt{-1}$, $Gg'-Hh'-(h'G+g'H\sqrt{-1}$, &c. $A+A'$ sera donc successivement $2G$, $2(Gg-Hh)$, $2(Gg'-Hh')$, & $A-A'$, $2H\sqrt{-1}$, $2.(Gh+Hg)\sqrt{-1}$, $2(Gh'+Hg')\sqrt{-1}$. &c.

Faisant donc $A+A'=R$. $A-A'=R'\sqrt{-1}$, ce qui donne $A=\frac{R+R'\sqrt{-1}}{2}$, $A'=\frac{R-R'\sqrt{-1}}{2}$; on mettra cette partie de la valeur du ϕ sous la forme $(Rx^{m-1}+Bx^{m-2}\ldots)e^{fx}+e^{f'x}$, $+\sqrt{-1}(R'x^{m-1}+$

$B' x^{m-2} \ldots\ldots) e^{fx} - e^{f'x}$; & par conſequent ; comme par l'hypothèſe, $e^{fx} + e^{f'x}$ eſt réel, & que $e^{fx} - e^{f'x}$ eſt purement imaginaire ; on pourra avoir les $R, B \ldots\ldots R', B' \ldots$ par des équations linéaires & toutes réelles.

La ſolution de l'équation en e^{sf} nous donne des valeurs de e^{sf}. Si donc on appelle $e^{sf} = G$, & $e^{f} = g$, on aura l'équation $g^{s} - G = 0$, ſi $e^{fr} = g$, on aura $g^{\frac{s}{r}} - G = 0$; ſi $e^{fx} = g$, $g^{\frac{s}{x}} - G = 0$. Donc la quantité g peut avoir pluſieurs valeurs pour une même valeur de G.

Suppoſons ici que r, s & x ſoient des nombres rationnels, ou même des nombres entiers, ce qui peut toujours ſe ſuppoſer lorſque les quantités x ſont données par des obſervations ; on aura en général $g^{s} - G^{x} = 0$; & s valeurs de g répondant à chaque valeur de G. Mais ſi les valeurs de x ſont renfermées dans la formule $r + ns$, n étant un nombre entier poſitif ou négatif, la valeur de ϕ n'aura réellement pas plus de termes que G n'a de valeurs ; en effet ſoient $e^{f_{,}}$, $e^{f_{,,}}$, $e^{f_{,,,}}$, &c, les valeurs de e^{f}, lorſque $e^{fs} - G = 0$. Au lieu d'un terme $A e^{fx}$, on aura une ſuite de termes $A_{,} e^{f_{,}x} + B_{,} e^{f_{,,}x} + C_{,} e^{f_{,,,}x}$; mais par l'hypothèſe $x = r + ns$, donc ce terme deviendra $A_{,} e^{f_{,}r} e^{f_{,}ns} + B_{,} e^{f_{,,}r} e^{f_{,,}ns} + C_{,} e^{f_{,,,}x} e^{f_{,,,}ns}$, &c. Or comme en général $e^{f\,ns} = e^{f_{,}ns} = e^{f_{,,}ns} \ldots\ldots$ ce terme ſe réduira à $A' e^{f_{,}r} + B_{,} e^{f_{,,}r} \ldots \ldots\ldots e^{f_{,}ns}$; & la fonction $A_{,} e^{f_{,}r} + B_{,} e^{f_{,,}r} \ldots\ldots$ demeurant toujours la même, peut être conſidérée comme une ſeule conſtante arbitraire.

On auroit trouvé le même réſultat par la ſeule obſervation, que ſelon les principes du Calcul Intégral aux différences finies ; les quantités A, B, C, &c, ne ſont point des quantités abſolument conſtantes : mais ſeulement des quantités qui ne varient point, lorſque x eſt augmenté d'une quantité s, $2s \ldots . ns$.

Il réſulte de la remarque précédente que, ſuppoſons que l'on ait trouvé une valeur générale de ϕ qui convienne à p obſervation, & que l'on ſe propoſe de chercher ſi elle convient également à de nouvelles obſervations, il faudra examiner d'abord ſi ces nouvelles obſervations répondent à une valeur de x qui ſoit contenue dans la formule r, $r+s$, $r+2s \ldots$ $\ldots r+ns$, n étant un nombre entier poſitif ou négatif. Dans ce cas, il faut que la valeur de ϕ, telle qu'elle a été trouvée, donne pour ϕ une valeur égale à la valeur obſervée. Mais ſi au contraire la valeur de x ne ſe trouve pas renfermée dans cette ſuite ; chaque coéfficient conſtant $A, B, \ldots .$ pourra être ſuppoſé de la forme $A_{\prime} + B_{\prime}\frac{\sin. \Pi x}{s} + C_{\prime}\frac{\sin. 2\Pi x}{s} \ldots\ldots$

$$+ Q_{\prime}\frac{\sin. \frac{s-1}{2}\Pi x}{s} + B_{\prime\prime}\frac{\cos. \Pi x}{s} + C_{\prime\prime}\frac{\cos. 2\Pi x}{s}$$

$$+ Q_{\prime\prime}\frac{\cos. \frac{s-1}{2}\Pi x}{s}$$, ſi s eſt impair ; ſi s eſt pair, les deux ſéries s'arrêteront à $\frac{\sin. \frac{s}{2}\Pi x}{s}$, $\frac{\cos. \frac{s}{2}\Pi x}{s}$, Π étant la circonférence du cercle, & comme ſi s eſt

pair, $\frac{\text{fin.} \frac{s}{2} \Pi x}{s} = \frac{\text{fin.} \Pi x}{2}$, eſt toujours zero tant que x eſt entier, ce terme diſparoît, & le nombre des termes eſt également s dans les deux cas ; & l'on aura en général $A_{,} + B_{,} \frac{\text{fin } \Pi r}{s} + C_{,} \frac{\text{fin. } 2 \Pi r}{s}$, &c, $+ B_{,,} \frac{\text{cof. } \Pi r}{s} + C_{,,} \frac{\text{cof. } 2 \Pi r}{s}$ &c, $= A$.

Soit maintenant $n + 1$ le nombre des V qui ſont entrés dans l'équation linéaire en V, V^{1}, &c ; réduiſant x, r & s au même dénominateur, ſoit t le numérateur de s ; le nombre des racines c^{fx} étant n, la quantité d'obſervations à laquelle la formule en ϕ peut ſatisfaire $(t - 1)n$.

Ainſi il faudra, lorſque l'on aura des obſervations pour une ſuite de valeurs de x, non contenues dans la ſérie $r, r + s \ldots\ldots r + ns$, déterminer d'abord les coéfficients indéterminés par la condition que la valeur de ϕ doit ſatisfaire à $(t - 1)n$. de ces obſervations ; & enſuite il faudra que la valeur de ϕ, ainſi déterminée, convienne au reſte des valeurs obſervées. Au reſte, il faut obſerver que les $(t - 1)n$ valeurs données par l'obſervation, doivent répondre à des valeurs de x, telles que la ſérie en x qui multiplie c^{fx}, & les autres ſéries de cette eſpèce ne ſe réduiſent pas à un moindre nombre de termes ; ou que dans les équations qui ſervent à déterminer les inconnues A, B, C, &c, pluſieurs de ces variables ne ſe réduiſent pas à une ſeule.

VI.

V I.

Si nous voulons maintenant employer la méthode précédente à déterminer la loi d'un phénomène; ſoit x une quantité ſuppoſée connue dans chaque cas particulier, & ϕ une autre quantité dont il faille connoître la valeur en x pour avoir la loi du phénomène.

1°. On cherchera d'abord, par l'obſervation, les valeurs de ϕ corrépondantes à

$$x = r, \; r+s, \; r+2s, \; r+3s \ldots r+ps,$$

& j'appellerai ces valeurs de ϕ $\Big\}$ $V, \; V', \; V'', \; V''' \ldots . V^p$;

ſuppoſant toujours que r & s ſont des nombres entiers, ce qui ne limite en rien la queſtion: parce que je puis toujours prendre pour l'unité de la quantité x, telle valeur que je voudrai.

2°. On formera les quantités $A, A', A'' \ldots\ldots$ A'''^{p-2}, art. III, ci-deſſus, juſqu'à ce qu'on trouve une de ces quantités qui ne ſoit ni zero, ni telle qu'on puiſſe la regarder comme nulle. Si toutes ſont zero, ou peuvent être regardées comme nulles, alors on aura $1 - \frac{V}{V'} e^{fs} = 0$, $e^{fs} = \frac{V'}{V}$; &

$$\phi = \frac{V'^{\frac{x}{s}}}{V} \times A_{,} + B_{,} \frac{\text{ſin. } \Pi x}{s},$$
$$+ B_{,,} \frac{\text{coſ. } \Pi x}{s};$$

$$+C_{,}\frac{\text{fin. } 2\,\Pi x}{s}+\ldots\ldots Q_{,}\frac{\text{fin. } \frac{s-1}{2}\Pi x}{s},$$

$$+C_{\prime\prime}\frac{\text{cof. } 2\,\Pi x}{s}\ldots\ldots\ldots Q_{\prime\prime}\frac{\text{cof. } \frac{s-1}{2}\Pi x}{s};$$

fi s eft impair : ce terme fera terminé par $\frac{\text{fin. } s\,\Pi x}{2}$, & $\frac{\text{cof. } s\,\Pi x}{2}$ fi s eft pair. Si x eft toujours de la forme $r \pm ns$ le facteur de $\frac{V'^{\frac{x}{s}}}{V}$, fe réduira évidemment à un feul terme ; fi parmi les valeurs de x non comprifes dans la formule $r \pm ns$, il n'y en a moins de $s-1$, la formule y fatisfera, il reftera des coéfficients indéterminés ; & il n'y aura de nouvelles conditions, que lorfqu'il y aura plus de $s-1$ valeurs obfervées de ϕ, auxquelles il faudra que l'expreffion de ϕ en x fatiffaffe.

3°. Si on a trouvé une valeur de A, A', A''... qui ne foit pas zero, on formera les valeurs B, B', B'' ...... B'''^{n-4}, jufqu'à ce qu'il s'en trouve une qui ne foit pas zero ; fi toutes font zero, alors j'aurai (art. IV) l'équation $be^{2fs}+ae^{fs}+1$,

$$b=-\frac{A}{A_{\prime\prime}},$$

$$a=-\frac{V''b+V}{V'}.$$

Tirant de cette équation les deux valeurs M & M' de e^{sf}, on aura $\phi =$

$$M^{\frac{x}{s}} \times A_{,} + B_{,} \frac{\text{sin. } \Pi x}{s} + C_{,} \frac{\text{sin. } 2\Pi x}{s}, \text{ \&c.}$$
$$+ B_{,,} \frac{\text{cos. } \Pi x}{s} + C_{,,} \frac{\text{cos. } 2\Pi x}{s};$$
$$+ M'^{\frac{x}{s}} \times A_{,,} + B_{,,,} \frac{\text{sin. } \Pi x}{s} + C_{,,,} \frac{\text{sin. } 2\Pi x}{s}, \text{ \&c.}$$
$$+ B_{IV} \frac{\text{cos. } \Pi x}{s} + C_{IV} \frac{\text{cos. } 2\Pi x}{s}.$$

Les séries se réduisent chacune à un terme tant que $x = r \pm ns$, & la formule satisfera nécessairement à $(s - 1).2$, valeurs quelconques de ϕ, répondant à des valeurs de x prises hors de la série.

EXEMPLE.

Supposons que pour les valeurs de x,

	0	3	6	9	12	15	18;
on ait $\phi =$	-1	-1	$+1$	11	49	179	601,
	V	V'	V''	V'''	V^{IV}	V^{V}	V^{VI}.

On formera la suite des $A, A' \dots$ & comme ils ne sont pas zero, celle des $A_{,,}$, $A'_{,,}$, &c,

$A = -2$
$A' = -12 \quad A_{,,} = 12,$
$A'' = -72 \quad A'_{,,} = 72,$
$A''' = -432 \quad A''_{,,} = 432;$
$A^{IV} = -2208 \quad A'''_{,,} = +2208;$

d'où l'on tirera celles des B,

$B = 0,$
$B' = 0,$
$B'' = 0;$

on aura donc $b e^{2fs} + a e^{fs} + 1 = 0$, $b = -\frac{A}{A''} = \frac{1}{6}$, $a = -\frac{V''b + V}{V'} = -\frac{5}{6}$; & $e^{2fs} - 5 e^{fs} + 6 = 0$, ou $e^{fs} = 3$, $e^{fs} = 2$. On aura donc $\varphi = A e^{\frac{fx}{s}} + B e^{\frac{fx}{s}}$; soit $x = 0$, $\varphi = A + B = -1$; soit $x = 3$, $\varphi = 3A + 2B = -1$. On aura donc $A = 1$, $B = -2$; & la valeur générale de φ, tirée de ces sept observations, sera $\varphi = 3^{\frac{x}{s}} - 2 . 2^{\frac{x}{s}}$.

Supposons maintenant que nous ayons la suite d'observations suivantes pour x,

$$x = 1 \quad 2 \quad 5 \quad 18,$$
$$V = 3 \quad -2 \quad +1 \quad +7;$$

comme $r = 0$, nous aurons $A_{,} = A = 1$, $A_{,,} = B = -2$; & par conséquent les quatre équations

$$(1 + B_{,} \text{ fin. } 120 + B_{,,} \text{ cof. } 120)\, 3^{\frac{1}{3}} + (-2 + B_{,,,} \text{ fin. } 120 + B_{\text{IV}} \text{ cof. } 120)\, 2^{\frac{1}{3}} = 3,$$

$$(1 + B_{,} \text{ fin. } 240 + B_{,,} \text{ cof. } 240)\, 3^{\frac{2}{3}} + (-2 + B_{,,,} \text{ fin. } 240 + B_{\text{IV}} \text{ cof. } 240)\, 2^{\frac{2}{3}} = -2,$$

$$(1 + B_{,} \text{ fin. } 240 + B_{,,} \text{ cof. } 240)\, 3^{\frac{5}{3}} + (-2 + B_{,,,} \text{ fin. } 240 + B_{\text{IV}} \text{ cof. } 240)\, 2^{\frac{5}{3}} = 1,$$

$$(1 + B_{,} \text{ fin. } 120 + B_{,,} \text{ cof. } 120)\, 3^{\frac{10}{3}} + (-2 + B_{,,,} \text{ fin. } 240 + B_{\text{IV}} \text{ cof. } 240)\, 2^{\frac{10}{3}} = 7;$$

nous pouvons regarder ici les fonctions

$1 + B_{,}$ sin. 120 + $B_{,,}$ cos. 120 = D,
$-2 + B_{,,,}$ sin. 120 + B_{IV} cos. 120 = D',
$1 + B_{,}$ sin. 240 + $B_{,,}$ cos. 240 = D'',
$-2 + B_{,,,}$ sin. 240 + B_{IV} cos. 240 = D''',

comme étant chacune une inconnue, nous aurons donc 1°. les deux équations $D\,3^{\frac{1}{3}} + D'\,2^{\frac{1}{3}} = 3$, $D\,3^{\frac{10}{3}} + D'\,2^{\frac{10}{3}} = 7$; d'où l'on tirera

$$D = \frac{3 \cdot 2^{\frac{10}{3}} - 7 \cdot 2^{\frac{1}{3}}}{2^{\frac{10}{3}} \cdot 3^{\frac{1}{3}} - 3^{\frac{10}{3}}\,2^{\frac{1}{3}}},$$

$$D' = \frac{3 \cdot 3^{\frac{10}{3}} - 7 \cdot 3^{\frac{1}{3}}}{2^{\frac{1}{3}}\,3^{\frac{10}{3}} - 2^{\frac{10}{3}}\,3^{\frac{1}{3}}}.$$

2°. Par la même raison,

$$D'' = \frac{-2 \cdot 2^{\frac{5}{3}} - 1 \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{2^{\frac{5}{3}}\,3^{\frac{2}{3}} - 3^{\frac{5}{3}}\,2^{\frac{2}{3}}},$$

$$D''' = \frac{-2 \cdot 3^{\frac{5}{3}} - 1 \cdot 3^{\frac{2}{3}}}{3^{\frac{5}{3}}\,2^{\frac{2}{3}} - 2^{\frac{5}{3}}\,3^{\frac{2}{3}}}.$$

La valeur de ϕ sera donc en général, lors $x = 3n$, $\phi = 3^n - 2 \cdot 2^n$; lorsque $x = 3n + 1$, $\phi = D\,3^{n+\frac{1}{3}} + D'\,2^{n+\frac{1}{3}}$; lorsque $x = 3n + 2$, $\phi = D''2^{n+\frac{2}{3}} + D'''2^{3n+\frac{2}{3}}$; & il faudra que toutes les nouvelles observations soient d'accord avec ces formules.

3°. Si les fonctions B ne sont pas toutes zero, on formera les fonctions,

$$C = B\,B'_{'''} - B'\,B_{'''},$$
$$C' = B'\,B''_{'''} - B''\,B'_{'''};$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

jusqu'à C'''^{p-6}. Si toutes sont zero, on aura $c\,e^{3sf} + b\,e^{2sf} + a^{ef} + 1 = 0$,

$$c = -\frac{B}{B_{\prime}},$$
$$b = -\frac{A_{'''}\,c + A}{A_{''}};$$
$$a = -\frac{(V'''\,c + V''\,b + V)}{V'};$$

& le reste comme ci-dessus. Si tous les C ne sont pas zero, on formera des fonctions D, & ainsi de suite.

VII.

J'ai considéré jusqu'ici la formule $\phi = A\,x^{m-1} + B\,x^{m-2} \ldots\ldots e^{fx} + A'\,x^{m'-1} + B'\,x^{m'-2} \ldots\ldots e^{f'x} \ldots\ldots\ldots = 0$, en supposant les racines quelconques.

Supposons maintenant que l'on veuille avoir cette formule en sinus & cosinus, ce qui ne fait aucun autre changement que de supposer toutes les racines e^{ef}, de la forme $e^{F\sqrt{-1}}$, avec une racine correspondante $e^{-F\sqrt{-1}}$; l'équation en $e^{sf} = y$ aura donc également pour racines $y - G$, $y - \frac{1}{G}$, & par conséquent les facteurs du second degré de la forme $y^2 + G'y + 1$.

En général, l'équation en y sera donc de la forme $y^n + n\,y^{n-1} + m\,y^{n-2} + \ldots\ldots + m\,y^2 + n\,y + 1$, nous aurons donc $V + a\,V' + b\,V'' \ldots\ldots\ldots$

$bV'''^{n-2} + aV'''^{n-1} + V'''^{n} = 0$; $(V + V'''^{n}) + (V' + V'''^{n-1})\,a + (V'' + V'''^{n-2})\,b \ldots\ldots = 0$; faisant donc pour cette formule les mêmes raisonnements que ci-dessus, nous aurons, pour que l'équation ne soit que du second degré, les équations

$$(V + V'')V'' - (V' + V''')V' = 0,$$
$$(V' + V''')V''' - (V'' + V^{\text{iv}})V'' = 0;$$

. . . .

si l'équation est du quatrième degré, à cause de $V + V^{\text{iv}} + a(V' + V''') + bV'' = 0$, $V' + V^{\text{v}} + a(V'' + V^{\text{iv}}) + bV''' = 0$, &c, nous formerons les séries des termes

$$(V + V^{\text{iv}}).V''' - (V' + V^{\text{v}}).V'' = A,$$
$$(V' + V^{\text{v}}).V^{\text{iv}} - (V'' + V^{\text{vi}}).V''' = A';$$

. . . .

$$(V' + V''').V''' - (V'' + V^{\text{iv}}).V'' = A_{,,},$$
$$(V'' + V^{\text{iv}}).V^{\text{iv}} - (V''' + V^{\text{v}}).V''' = A'_{,,};$$

. . . .

& nous aurons les équations de condition en $A \ldots$; comme dans l'art. III.

Si l'équation est du sixième degré, nous formerons la série des A,

$$(V + V^{\text{vi}})V^{\text{iv}} - (V' + V^{\text{vii}})V''' = A,$$
$$(V' + V^{\text{vii}})V^{\text{v}} - (V' + V^{\text{viii}})V^{\text{iv}} = A';$$

. . . .

la série des $A_{,,}$,

$$(V' + V^{\text{v}}).V^{\text{iv}} - (V'' + V^{\text{vi}}).V''' = A_{,,},$$
$$(V'' + V^{\text{vi}}).V^{\text{v}} - (V''' + V^{\text{vii}}).V^{\text{iv}} = A'_{,,};$$

. . . .

celle des $A_{///}$,

$$(V^{II} + V^{IV}).V^{IV} - (V^{III} + V^{V}).V^{III} = A_{///};$$
$$(V^{III} + V^{V}).V^{V} - (V^{IV} + V^{VI}).V^{IV} = A'_{///};$$

. . . .

L'on formera les B & les C comme ci-dessus, & l'on aura les conditions en C.

Il sera très-facile de continuer ces formules; toute la différence se borne à trouver les séries en A. . . . : or il est clair, en considérant les termes précédents, que pour degré $2n$, la valeur de A sera $(V + V^{2n}) V^{n+1} - (V^{I} + V^{n2+1}).V^{n}$; celle de A^{p}_{q}, en augmentant de p unités, le nombre qui désigne le rang des V dans toute la valeur de A, & en mettant en suite au lieu de $V + V^{2n}$, & $V^{I} + V^{2n+1}$, devenus $V^{p} + V^{2n+p}$, & $V^{p+1} + V^{2n+p+1}$, $V^{p+q-1} + V^{2n+p-q+1}$, & $V^{p+q} + V^{2n+p-q+2}$.

Soient maintenant conservées les mêmes dénominations que dans l'art. V, nous aurons également $e^{2nsf} + 1 . + a . e^{nsf} . + p\,(e^{n+1sf} + e^{n-1sf}) + n\,(e^{n+2sf} + e^{n-2.sf}) + m\,(e^{(n+3)sf} + e^{(n-3)sf}) \ldots$ & les p, n, m. . . . . feront donnés en P, N, M. . . . . comme ci-dessus, jusqu'à $a = -\frac{(V^{n+1} + V^{n-1})p + (V^{n+2} + V^{n-2})n \ldots + V^{2n} + V^{I}}{V^{n}}$.

VIII.

Comme souvent on pourroit préférer une méthode de construction par les lignes, à une méthode qui exige des calculs, & que, malgré la forme technique donnée aux opérations de la méthode pré-

cédente, elle pourroit encore être regardée comme trop compliquée, j'ai cru devoir propoſer ici la méthode ſuivante ; ſoit une ſuite de termes

$$x = r,\ r+s,\ r+2s,\ r+3s,\ r+4s \ldots\ldots$$

& les valeurs V V' V'' V''' V^{iv} .... données par l'obſervation.

PROBLEME I.

Trouver 1°. *ſi la valeur générale de* ϕ *peut être exprimée par un ſeul terme de la forme déterminée au commencement de ce Mémoire ?*

2°. *Quelle eſt la valeur de* ϕ *?*

1°. Soient ſur la ligne AC, (Fig. X, Pl. 5) priſes les deux quantités $AB = V$, $AC = V'$, & menées les parallèles indéfinies BB^{iv}, CC^{iv} ; ſoient menées enſuite les lignes $AB' = V'$, $AB_{\prime\prime} = V''$, $AB_{\prime\prime\prime} = V'''$, &c, & que ces lignes ſoient prolongées, juſqu'à ce qu'elles coupent la ligne CC^{iv} en C', C'', C'''.... décrivons enſuite du point A & des raïons AC, AC' AC''.... des arcs de cercle, ils couperont la ligne BB^{iv} aux points B', B'', B'''..... toutes les fois que la loi pourra être exprimée par un ſeul terme.

2°. Pour avoir la valeur de ϕ, ſoit pris $AC = 1$, $AC' = V$, $AB' = V'$, $AB = \frac{V'}{V}$, & $\phi = A(AB)^{\frac{x}{s}}$; mais ſi $x = r$, $\phi = V = A(-AB)^{\frac{r}{s}}$. Donc $A = \frac{V}{(-AB)^{\frac{r}{s}}}$. Soit donc $x = r + ns$, $\phi = V.(-AB)^{n}$; n étant (art. IV) un nombre entier.

REMARQUE.

La différence de signe ne doit faire aucune difficulté dans la première partie du Probléme. On voit qu'il faut que tous les $V V'$, $V' V''$, $V'' V'''$ . . . . . soient toujours ou tous deux du même signe, ou tous deux de signes différents ; toutes les fois que cela a lieu, on peut au commencement regarder les termes comme étant tous un nombre positif.

Quant à sa seconde partie, si V & V' sont de même signe, AB est positif & $-AB$ négatif; sinon AB est négatif & $-AB$ positif.

PROBLEME II.

Trouver si la loi peut être exprimée par deux termes; & dans ce cas, trouver en lignes les coëfficients de l'équation en e^{sf} *?*

Soit (Fig. X) $AC = 1$, $CC' = V'$. $Ab = V'$, $CC'' = V''$. $AB = V$, on aura $BB'' - bb' = A$, on formera les quantités $A_{,,}$, $A_{,,,}$, A_{iv} . . . . . par des constructions semblables en faisant successivement $AB = V''$, V''', V^{iv}; $Ab = V'''$, V^{iv}; formant ensuite des séries de A', $A_{,,}'$, $A_{,,,}'$ . . . . . de A'', $A_{,,}''$, $A_{,,,}''$, &c, en faisant, dans des suites de constructions semblables à la première, successivement CC', $Ab = V'$, V''' . . . $CC'' = V'''$, V^{iv} . . . $AB = V'$, V''. Cela posé, soit fait $AB = A$, $AB' = A'$, $AB'' = A''$, $AC = A_{,,}$; & soient prolongés les AB', AB'', &c, jusqu'à la ligne CC^{iv}, il faudra que $AC' = A_{,,}'$, $AC'' = A_{,,}''$, & ainsi de suite.

2°. La valeur du coéfficient de e^{2fs} étant $-\frac{A}{A_{,,}}=a$, & celle de e^{sf} étant $-\frac{V''a}{V'}-\frac{V}{V'}$, on n'aura aucune difficulté à les conſtruire.

REMARQUE.

Il n'y aura aucune difficulté pour les ſignes des quantités A d'après ce qui a été dit ci-deſſus.

Quant à la recherche de ces quantités, ſi bb' & BB'', au lieu d'être de même ſigne, ſont de ſignes différents, il faudra prendre leur ſomme au lieu de leur différence; c'eſt-à-dire, qu'au lieu que bb' & BB'' ſoient du même coté de AC, elles ſe trouveront de deux côtés oppoſés.

IIe CAS.

Les valeurs de x ne ſont plus ſuppoſées en progreſſion arithmétique.

Suppoſons que nous ayons des valeurs de ϕ pour les valeurs de x, r, r', r'', r''' . . . . . & que toutes les valeurs ſoient repréſentées par des nombres entiers; ſuppoſons même que x ſoit égal ſucceſſivement à $r_{,,,}$, $r_{,,}$, $r_{,}$, r, r', r'', r''' . . . & que la ſuite des $r_{,}$, $r_{,,}$, $r_{,,,}$ . . . repréſente les valeurs négatives, les r, r', r'', r''' . . . les valeurs poſitives, que $r<r'<r''<r'''$ . . . . . $r'<r_{,,}<r_{,,,}$ . . . . en faiſant abſtraction des ſignes, il eſt clair que toutes ces ſuppoſitions ne nuiſent pas à la généralité de la queſtion. Cela poſé, ſi les différences de deux termes ſucceſſifs dans la ſérie ci-deſſus, n'ont pas de diviſeur commun, on pourra regarder x comme un terme d'une ſérie à laquelle répondent les

valeurs de φ, comme dans la formule suivante, où chaque valeur de φ est au-dessous de la valeur de x qui y répond,

$$r-n_{,}-m_{,} \ldots r-n_{,}-1 \,.\, r-n_{,} \,.\, r-2 \;\; r-1 \;\; r \,.\, r+1$$
$$V_{{}_{\prime\prime}n'+m'} \ldots V_{{}_{\prime\prime\prime}n'+1} \quad V_{{}_{\prime\prime}n} \quad V_{{}_{\prime\prime}} \quad V_{{}_{\prime}} \quad V \quad V'$$
$$\ldots\ldots r+n, \;\; r+n+1 \ldots r+n+m;$$
$$\ldots\ldots V^{n} \qquad V^{n+1} \ldots\ldots V^{n+m'};$$

mais où l'on connoît seulement les valeurs de V, de V^{n}, de $V^{\prime n+m}$, de $V_{{}_{\prime\prime}n'}$, de $V_{n'+m}$.... Supposons donc toujours à φ la même forme & les mêmes équations en V,

$$V + aV' + bV'' + cV''' \ldots = 0,$$
$$V' + aV'' + bV''' + cV^{\text{iv}} \ldots = 0,$$
$$V'' + aV''' + bV^{\text{iv}} + cV^{\text{v}} \ldots = 0.$$

Il faut non-seulement pour avoir l'équation de condition en V; faire disparoître les a, b, c, &c; mais aussi les $V' \, V''' \ldots$ qui sont inconnues, & ne laisser que les V^{n}, V^{m+n} .... qui sont donnés par l'observation.

Supposons donc que la loi ne doit avoir qu'un terme, alors on aura

$$V + aV' = 0,$$
$$V' + aV'' = 0,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$V'''^{n-1} + aV^{n} = 0;$$

d'où en général $V \pm a^{n} V''^{n} = 0$, où le premier signe a lieu si n est impair, & le second si n est pair; on aura donc, par la même raison, $V'''^{m} \pm a^{n} V^{m+n} = 0$.

L'on aura donc $V(V^{n+m})^{\frac{n}{m}} \mp (V^n)^{1+\frac{n}{m}}$, ou $(V)^m(V'''^{m+n})^n \mp (V^n)^{m+n}$, où le premier ſigne a lieu, ſi n & m ſont tous deux pairs ou impairs ; & le ſecond, ſi l'un eſt pair & l'autre impair. Ainſi l'on aura facilement en V toutes les équations de condition.

Si la loi doit avoir deux termes, alors on aura

$$V + aV' + bV'' = 0,$$
$$V' + aV'' + bV''' = 0,$$
$$V'' + aV''' + bV^{IV} = 0.$$

On en tirera donc une équation de la forme $V + AV^n + BV^{n+1}$, & comme par la même raiſon, on a une équation linéaire en $V^n . V^{n+1} . V^{n+2}$, en $V^n . V^{n+2}\ V^{n+3}$, V^n, $V^{n+3}\ V^{n+4}$; on éliminera ſucceſſivement V^{n+1}, V^{n+2}, V^{n+3} . . . . . & l'on aura une équation linéaire en V, V^n, V^{n+m}, qui contiendra a & b. Si donc le nombre des valeurs obſervées de V eſt $p+1$, on aura $p-1$ équations ſemblables, & éliminant a & b, $p-3$ équation de condition entre les V.

On trouvera de même, pour que la loi ſoit exprimée par trois termes, une équation entre V, V^n, V^{n+m}, V^{n+m+q}, $p-2$ équations ſemblables, & $p-5$ équations de condition.

Mais il y a ici une différence eſſentielle à obſerver, entre ce cas & celui que nous avons traité plus haut ; les équations en a, b, &c, n'étant plus linéaires, il y a des cas où pluſieurs des coéfficients en V des équations en a ou b étant nuls à la fois, ces quantités

a ou b ont pluſieurs valeurs, de manière que l'équation en e^{sf}, qui eſt de la forme $1 + ae^{sf} + be^{2sf}$, &c, repréſente autant d'équations ſemblables que ces quantités a ou b ont de valeurs ; ce ne ſera donc pas ſeulement le nombre des V, mais le nombre des racines de cette équation en e^{sf} qui décidera véritablement du nombre des termes de la loi.

La voie que donne cette Méthode pour parvenir à trouver la valeur de ϕ, demanderoit, comme on le voit, des calculs très-longs ; d'ailleurs comme ce n'eſt plus ici une hypothèſe particulière comme celle des obſervations en progreſſion arithmétique, mais une hypothèſe générale, on ne peut donner de formes techniques.

Il faut donc avoir recours à d'autres moyens.

D'abord combinant deux à deux les obſervations, & ſuppoſant que l'on ait, par exemple, $V + aV'''^{n} = 0$, $V + aV^{n+m} = 0$, $V^{n} + aV^{n+m} = 0$, & $e^{sf} = \frac{V^{n}}{V}$, ou bien $e^{sf} = \frac{V^{n+m}}{V^{n}}$, $e^{sf} = \frac{V^{n+m}}{V}$, on aura à cauſe du coéfficient en x qu'il faut donner à e^{sfx}, une valeur de ϕ qui répondra néceſſairement à n, à m, ou à $m+n$, valeurs de V obſervées. Ainſi pourvu que l'on combine deux obſervations V^{n}, V^{m+n} aſſez éloignées pour que m ſoit auſſi grand que le nombre des obſervations, on pourra ſuppoſer ϕ de cette forme, ſans qu'il y ait d'équations de condition, ni par conſéquent de probabilité que la valeur hypothétique de ϕ ſoit la vraie valeur. Soit donc $p+1$ le nombre des termes, la probabilité qu'une nouvelle expérience ſoit com-

prise dans la formule de ϕ sera $\frac{p+2-m}{p+3-m}$.

Si lorsqu'on a choisi deux termes V^n, V''^{n+m} pour faire $e^{sf} = \frac{V^{n'+m}}{V^m}$, il y a d'autres termes tels que $V^{n \pm qm}$, q étant un nombre entier positif ; il est clair que pour ce terme, la valeur de $\phi = Ae^{\frac{fz}{s}}$ sera réduite à un terme. Mais ce cas est celui où l'on a une partie des termes en progression arithmétique ; & alors il faut procéder comme dans l'article du cas précédent. Dans ce cas, soit m la différence, q le nombre des termes de la progression arithmétique, $p+1$ le nombre total des termes, la probabilité sera $\frac{p-2q-m+2}{p-2q-m+3}$; ainsi pour qu'il y ait quelque probabilité, il faut que les $p+1$ observations soient en plus grand nombre que $2q+m$.

Il n'est pas nécessaire que les observations soient en progression arithmétique pour que la méthode développée ci-dessus, puisse leur être appliquée ; en effet le principe sur lequel elle est fondée, c'est qu'on puisse avoir une suite d'équations linéaires en $a, b \ldots\ldots q$, Ces quantités étant les coéfficients de l'équation en $e^{sf} \ldots\ldots$ dont chaque racine doit fournir un terme de la valeur de ϕ.

Soit donc une suite d'observations

$$\begin{array}{lllll} V^m & V^{m+m'} & V^{m+m''} & V^{m+m'''} & \ldots \\ V^{m_1} & V^{m_1+m'} & V^{m_1+m''} & V^{m_1+m'''} & \ldots \\ V^{m_{11}} & V^{m_{11}+m'} & V^{m_{11}+m''} & V^{m_{11}+m'''} & \ldots \\ V^{m_{111}} & V^{m_{111}+m'} & V^{m_{111}+m''} & V^{m_{111}+m'''} & \ldots \end{array}$$

ainſi de ſuite; l'on aura également

$$o = V^{m} + a V^{m+m'} + b V^{m+m''} + c V^{m+m'''},$$
$$o = V^{m_{,}} + a V^{m_{,}+m'} + b V^{m_{,}+m''} + c V^{m_{,}+m'''};$$

. . . .

ou $V^{m} \quad + a' V^{m'} \quad + b' V^{m''} \quad + c' V^{m'''},$

$$V^{m+m'} + a' V^{m'+m_{,}} + b' V^{m'+m_{,,}} + c' V^{m'+m_{,,,}};$$

. . . .

en effet, en faiſant $V^{m} = A e^{fx}$, $V^{m_{,}} = A' e^{fx}$, &c; toutes les équations de la première ſuite donneront l'équation $1 + a e^{m'sf} + b e^{m''sf} + c e^{m'''sf}$ . . . . . & en faiſant $V^{m} = A e^{fx}$, $V^{m_{,}} = A e^{fx}$ . . . toutes celles de la ſeconde donneront également $1 + a' e^{sf.m_{,} - m} + b' e^{sf.m_{,,} - m} + c' e^{sf.m_{,,,} - m}$ . . . . . $= o$.

La loi générale des obſervations eſt ici facile à ſaiſir. Soient en effet deux ſuites de termes quelconques $V^{m} V^{m+m'} V^{m+m''} \; V^{m+m'''}$ . . . . $V^{m} V^{m_{,}} V^{m_{,,}} V^{m_{,,,}}$; il faut que trois de ces termes étant pris deux dans une ſérie, & un dans l'autre, la valeur de ϕ qui répond à un expoſant égal à une quatrième proportionnelle aux expoſants de ces trois termes, ſoit connue par l'obſervation.

IIIe. CAS.

ϕ eſt toujours ſuppoſé fonction de x, mais la fonction n'eſt plus compoſée de puiſſances de x & d'exponentielles ſimples.

Quelle que ſoit la forme de la fonction de x qui eſt égale à ϕ; ou même quelle que ſoit l'équation entre ϕ & x, pourvu que cette forme ſoit telle qu'on puiſſe, par des différentiations ſucceſſives aux différences finies, faire

faire évanouir x & les tranſcendantes, en ſorte que x & les coéfficients des fonctions de x & de ϕ puiſſent être éliminés, on pourra appliquer la méthode précédente à rechercher la forme de l'équation en ϕ & x; ainſi toutes les fois que la valeur de ϕ pourra être exprimée en termes finis par une équation aux différences finies qui ſoit intégrable, la méthode précédente pourra ſervir à découvrir la loi des phénomènes.

Le nombre des obſervations étant toujours $p+1$, ſuppoſons ici que l'équation en ϕ & ſes différences ſoient du ſecond degré; ſi elle contient ϕ & $\phi+\Delta\phi$, le nombre des coéfficients indéterminés ſera, comme l'on ſait, de 5; ſi elle contient de plus $\phi+2\Delta\phi+\Delta^2\phi$, il ſera de neuf; de quatorze, ſi elle contient $\phi+3\Delta\phi+3\Delta^2\phi+\Delta^3\phi$, & en général, ſi elle contient n, ϕ conſécutifs de $\frac{n+1.n+2}{2}-1$, il n'y aura que $n-1$ conſtantes arbitraires dont chacune pour toute la ſuite des x, ſe réduira à un ſeul terme. Le nombre total des indéterminées ſera donc $\frac{n+1.n+2}{2}+n-2$. Ainſi on pourra toujours ſatisfaire aux $p+1$ obſervations, pourvu que $\frac{n+1.n+2}{2}+n-2-p-1$ ſoit un nombre poſitif.

Si donc n eſt le nombre des V contenus dans l'équation, le rapport de probabilité ſera $\frac{p-\frac{n+1.n+2}{2}-n+4}{p-\frac{n+1.n+2}{2}-n+5}$; appellant n' le nombre de

termes qu'il auroit fallu prendre, en supposant l'équation linéaire, on auroit eu la probabilité $\frac{p - 2n' + 2}{p - n' + 3}$. Ainsi pour qu'il y ait de l'avantage à choisir une équation du second degré, il faut que $\frac{p - \frac{n+1 \cdot n+2}{2} - n + 4}{p - \frac{n+1 \cdot n+2}{2} - n + 5} > \frac{p - 2n' + 2}{p - 2n' + 3}$, $\frac{n+1 \cdot n+2}{2} + n - 2 < 2n'$. Supposons maintenant que l'équation soit du troisième degré, le nombre des coëfficients indéterminés sera toujours le nombre des termes qui entre dans l'équation étant n. $\frac{n+1 \cdot n+2 \cdot n+3}{2 \cdot 3} + n - 2$; il est clair qu'on satisfera toujours à l'équation, en prenant $\frac{n+1 \cdot n+2 \cdot n+3}{2 \cdot 3} + n - 2 > p + 1$; & en continuant le même raisonnement, il faudra, pour que la nouvelle hypothèse donne une loi plus probable, que les loix précédentes, si n'', n' désignent le nombre des termes qui entrent dans l'équation linéaire, & dans celle du second degré, il faudra, dis-je, que $\frac{n+1 \cdot n+2 \cdot n+3}{2 \cdot 3} + n - 2 < \frac{n'+1 \cdot n'+2}{2} + n' - 2 < 2n''$, & ainsi de suite. Soit enfin m en général le degré de l'équation ; si on n'employe que deux termes, alors le nombre des coëfficients indéterminés sera $\frac{m+1 \cdot m+2}{2} - 1$. Donc si $\frac{m+1 \cdot m+2}{2} - 1 > p$, la loi représentera toujours les $p+1$ observations. D'où

l'on voit que, soit pour le nombre des ϕ qui entrent dans l'expression de la loi, soit pour le degré de l'équation entre les termes, le nombre des formules à éprouver est nécessairement fini & déterminé dès que le nombre $p+1$ des observations est fini & donné.

Ainsi on trouvera par ce moyen les équations les plus simples en ϕ, & ses différences finies qui puissent représenter la loi d'un phénomène observé.

Cette expression de la loi des phénomènes, par une équation en un certain nombre de ϕ, est aussi commode pour faire des tables, que si l'on avoit l'expression de ϕ en x, & les deux expressions dépendent d'un même nombre de valeurs observées.

On peut également en tirer une valeur des ϕ pour les termes intermédiaires, & l'on trouvera encore qu'elle dépendra d'un même nombre de termes.

Si cependant on cherche la valeur de ϕ en x; comme on n'a point de méthode générale de résoudre toutes ces équations; puisque plusieurs ne sont pas susceptibles d'intégrales finies, qu'il n'y a point de moyen de les distinguer des autres, & qu'ainsi une méthode qui seroit générale pour les trouver dans le cas où elles sont possibles en termes finis, ne donneroit qu'en séries celles qui n'en sont pas susceptibles : au lieu de chercher les formes d'équations aux différences finies, les plus simples qui puissent représenter la loi des quantités observées, il sera plus commode de chercher les formes d'intégrales finies les plus simples.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de celles qui peuvent convenir à tous les ordres ; il suffit de

ſavoir que m étant un nombre poſitif qui déſigne l'ordre de l'équation, & par conſéquent le nombre des arbitraires, & n le nombre des coéfficients indéterminés de la formule intégrale, il faut que $m + n > p + 1$ pour avoir quelque probabilité.

Il ſera facile d'après cela, & les principes établis dans les Mémoires de l'Académie, année 1770, de claſſer toutes les formules qu'il faudra eſſayer pour trouver la loi la plus ſimple ; mais comme nous nous ſommes propoſés de donner une méthode élémentaire, & immédiatement applicable à des obſervations données, il faudroit des détails trop étendus pour y rappeller ces nouvelles recherches.

IVᵉ CAS.

ϕ eſt fonction de x & de y. On a un nombre p de valeurs de ϕ obſervées, que l'on appelle

V	V'	$V_{,}$	V''	$V'_{,}$	$V_{,,}$
$r.r'$	$r+s.r'$	$r.r'+s'$	$r+2s.r'$	$r+s.r'+s'$	$r+r'+2$;
V'''	$V''_{,}$	$V'_{,,}$	$V_{,,,}$		
$r+3s, r'$	$r+2s.r'+s'$	$r+s.r'+2s'$	$r.r'+3s'$	&c,	

répondantes aux valeurs de x, r, $r+s$, $r+2s$ . . . . & aux valeurs de y, $r'+s'$, $r''+s''$, &c.

I. Nous chercherons, comme ci-deſſus, ſi l'on peut avoir la ſérie d'équations

$$V + aV' + bV_{,},$$
$$V' + aV'' + bV'_{,},$$
$$V_{,} + aV'_{,} + bV_{,,};$$

ce qui donnera la fonction de V, V', $V_{,}$, V'', $V'_{,}$, $V_{,,}$, qui devra être o, & autant de fonctions ſemblables en

mettant successivement au lieu de V; $V'_{,}$, $V_{,}$, V'', $V''_{,}$, V', &c, & semblablement pour les autres V; si ces conditions n'ont pas lieu, on cherchera pour les suites d'équations

$$V + aV' + bV_{,} + cV'' + eV'_{,} + gV'' = 0,$$
$$V' + aV'' + bV'_{,} + cV''' + eV''_{,} + gV'_{,,} = 0,$$
$$V_{,} + aV'_{,} + bV_{,,} + cV''_{,} + eV'_{,,} + gV''' = 0,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

les équations de condition, & ainsi de suite.

II. Lorsque l'on aura toutes ces équations de conditions égales à zero, ce qui arrive toujours à un certain point, on aura la valeur de a, b, c, e, f, g, &c, on fera $+a(\phi + \Delta\phi) + b(\phi + \Delta'\phi) + c(\phi + \Delta\Delta\phi) + e(\phi + \Delta\Delta'\phi) + g(\phi + \Delta'\Delta'\phi) = 0$, où les Δ marquent les différences de ϕ par rapport à x, & Δ' les différences par rapport à y; & faisant $\phi = Ae^{fx + f'y} \ldots$ on aura A arbitraire, & l'équation $1 + ae^{f} + be^{fs'} + ce^{2fs} + ee^{fs + fs'} + ge^{2fs'} \ldots$ &c. Supposons donc que les valeurs $e^{f's'}$ en e^{fs} soient appellées Y, Y', Y''.... on aura $\phi = e^{\frac{fx}{s}}\left(AY^{\frac{y}{s'}} + BY'^{\frac{y}{s'}} + CY''^{\frac{y}{s'}}, \&c\right)$, plus une infinité de termes semblables répondants à toutes les valeurs possibles de e^{fs}. Pour déterminer ces fonctions, supposons que $y = 0$, nous aurons $\phi = A'e^{\frac{fx}{s}} + A''e^{\frac{f_{,}x}{s}}$, &c. Recherchant donc la valeur de ϕ par les observations répondantes à $x = r$, $x = r + s$, $x = r + 2s$......... on trouvera les valeurs de e^{fx}, $e^{f_{,}x}$, $e^{f_{,,}x}$, &c; d'où l'on tirera le nombre des termes qui doivent entrer dans

la valeur de ϕ en x & y, & il ne reftera que les coéfficients conftans à déterminer.

Les bornes que nous nous fommes prefcrites dans ce Mémoire, ne nous permettent pas d'entrer dans de plus longues recherches fur cet objet, il fuffit d'avoir donné les principes d'après lefquels on peut donner par le cas de ϕ fonction, de x & de y, une méthode technique, comme celle qui a été expofée ci-deffus pour le premier cas.

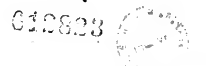
FIN.

EXTRAIT des Regiftres de l'Académie Royale des Sciences.

Du 12 Février 1777.

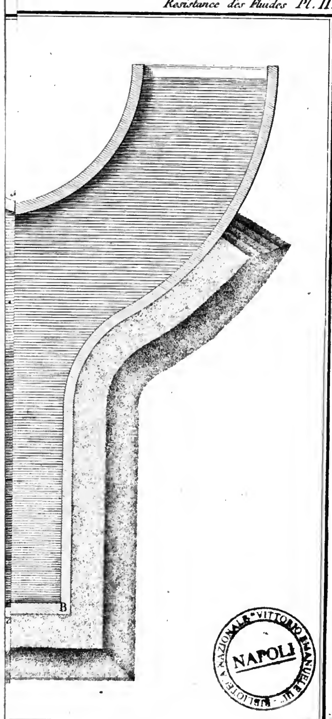
MESSIEURS DE MONTIGNY & VANDERMONDE, qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage intitulé : *Nouvelles Expériences fur la Réfiftance des Fluides*, par MM. D'ALEMBERT, le Marquis DE CONDORCET & l'Abbé BOSSUT, en ayant fait leur rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreffion. En foi de quoi j'ai figné le préfent Certificat. A Paris, ce 12 Février 1777.

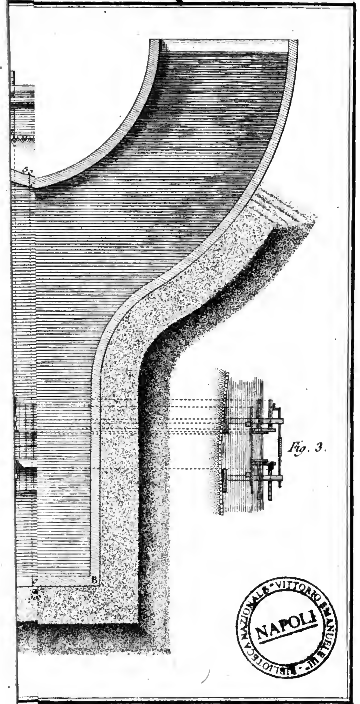
Le Marquis DE CONDORCET,
Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.

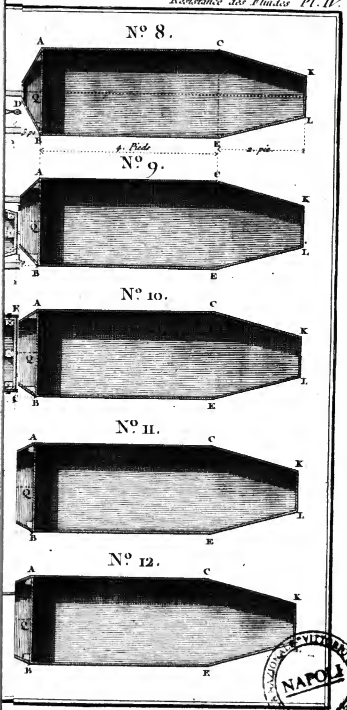


.6.

B


B


5
B
Fig. 3.



N° 8.
A
C
K
Q
D
L
B
E
4. Pieds
2. pie.
N° 9.
N° 10.
N° 11.
N° 12.

Nº 21.

19. po. 8. lig.

Nº 22.

2. Pi.

Fig. X.

Fig. M.

TABLE DES MATIERES.

NOUVELLES EXPÉRIENCES *SUR LA RÉSISTANCE DES FLUIDES.*

Fin de la Table.

De l'Imprimerie de Chardon, rue Galande. 1777.


BIBLIOTECA